

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Інститут електроенергетики
(інститут)

Факультет електротехнічний
(факультет)

Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Петренко Дмитра Олеговича
(ПІБ)

академічної групи 151М-20-1
(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 Дослідження та синтез системи автоматичного керування екструдером при виробництві полімерних труб
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	доц. Соснін К.В.			
Теоретичний розділ	доц. Соснін К.В.			
Синтез системи	проф. Бубліков А.В.			
Експериментальний розділ	ст.викл. Бойко О.О.			
Економічний розділ	ст.викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Рецензент				
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
2022

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

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

« _____ » _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня магістра

студенту Петренко Д.О. академічної групи _____ 151М-20-1
(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 Дослідження та синтез системи автоматичного керування екструдером при виробництві полімерних труб,

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 15 листопада 2021 № 969-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	На основі матеріалів виробничих практик, інших науково-технічних джерел сформулювати наукове завдання, конкретизувати предмет та мету досліджень	Вересень 2021
Теоретичний	Обґрунтувати теоретичну базу розв'язання наукового завдання, якому присвячено роботу	Жовтень 2021
Синтез системи	Створити систему із застосуванням методів, розроблених у теоретичному розділі, за допомогою яких будуть проводитися дослідження	Жовтень 2021
Експериментальний	Розробити програмне забезпечення, сформулювати завдання та обґрунтувати методику експерименту. Результати експерименту подати у вигляді таблиць та графіків.	Листопад 2021
Економічна частина	Економічно обґрунтувати доцільність витрат на створення та дослідження системи керування	Грудень 2021
Охорона праці	Розробити організаційно-технічні заходи, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи	Грудень 2021

Завдання видано

_____ (підпис керівника)

доц. Соснін К.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання

_____ (підпис студента)

Петренко Д.О.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 90 с., 57 рис., 20 табл., 3 додатків, 19 джерел.

Об'єкт дослідження: процес керування екструдером при виробництві полімерних труб.

Предмет дослідження: методи, моделі, інформаційне забезпечення автоматизації процесу керування екструдером при виробництві полімерних труб.

Мета: підвищення якості процесу керування екструдером при виробництві полімерних труб, шляхом визначення межі запасу стійкості при впливі збурення на вихідний параметр об'єкту керування.

Для процесу переробки полімерних матеріалів в екструдері (процес екструзії) по каналу потужність нагрівального елемента – температура нагрівального елемента що взаємодіє з полімерним матеріалом після проведеного дослідження передавальної характеристики, було отримано модель системи керування, визначено структуру та параметри регулятора, оцінено роботу системи згідно з висунутими критеріями, визначено допустиму межу зміни коефіцієнту «к» при впливі збурення на вихідний параметр системи керування.

На базі безперервної моделі системи керування розроблена цифрова модель системи керування. За допомогою середовища MatlabR2013b отримані програмні модулі, які реалізують об'єкт керування та регулятор. На базі програмних модулів розроблено програмне забезпечення системи керування для програмованого логічного контролера, у середовищі Zenon розроблено людино машинний інтерфейс для SCADA системи.

У економічному розділі визначені капітальні та експлуатаційні витрати а також був проведений розрахунок економічної ефективності.

У розділі охорони праці розглянуті можливі небезпечні і шкідливі фактори та запропоновані інженерно-технічні заходи для їх усунення.

**СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ЕКСТРУДЕР, ПОЛІМЕРНІ ТРУБИ,
ЛЮДИНО-МАШИННИЙ ІНТЕРФЕЙС**

SUMMARY

Explanatory note: 90 p., 57 figures, 20 tables, 3 annexes, 19 sources.

Research object: the process of controlling the extruder in the production of polymer pipes.

The goal of the work: improving the quality of the extruder control process in the production of polymer pipes by determining the limit of the margin of safety under the influence of perturbation on the initial parameter of the control object.

For the process of processing polymeric materials in the extruder (extrusion process) on the channel power of the heating element - the temperature of the heating element interacting with the polymeric material after the study of the transfer characteristic, the control system model was obtained, the structure and parameters of the controller. The operation of the system is evaluated in accordance with the proposed criteria, the allowable limit of change of the coefficient "k" under the influence of perturbation on the output parameter of the control system is determined.

A digital model of the control system has been developed. A control system software for programmable logic controller in Zenon environment has been developed. A human machine interface for SCADA system has been developed.

CONTROL SYSTEM, EXTRUDER CONTROL PROCESS, POLYMER PIPE,
HUMAN-MACHINE INTERFACE

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень та визначень **Ошибка! Закладка не определена.**

Вступ	8
1 Стан питання та постановка завдання Ошибка! Закладка не определена.	
1.1 Характеристика галузі Ошибка! Закладка не определена.	
1.2 Технологічний процес	11
1.3 Об'єкт керування	12
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування	12
1.3.2 Налаштування температурного профілю	14
1.3.3 Принцип функціонування об'єкту керування	17
1.4 Структура системи керування	19
1.5 Формулювання задачі дослідження	28
1.6 Висновки по розділу	29
2 Теоретичний розділ	30
2.1 Модель об'єкта керування	30
2.2 Критерії якості функціонування об'єкта керування	33
2.3 Висновки по розділу	34
3 Синтез системи керування	35
3.1 Модель системи керування	35
3.2 Структура регулятора	37
3.3 Оцінка якості функціонування системи керування	44
3.4 Висновки до розділу	52
4 Експериментальний розділ	53
4.1 Цифрова модель об'єкта керування	53
4.2 Розробка програмного забезпечення системи керування	57
4.3 Розробка програмного забезпечення людино-машинного інтерфейса	59
4.4 Перевірка функціонування програмного забезпечення	62

	6
4.5 Висновки по розділу	64
5 Економічна частина	65
5.1 Розрахунок капітальних інвестицій	65
5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	66
5.3 Визначення річної економії від впровадження об'єкта проектування	69
5.4 Визначення та аналіз показників економічної ефективності об'єкта керування	73
5.5 Висновки по розділу	74
6 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	75
6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при роботі з ПК	75
6.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці	76
6.3 Пожежна профілактика	83
6.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях	85
6.5 Висновки по розділу	86
Висновки	87
Перелік посилань	89

Додаток А Програмні модулі системи керування

Додаток Б Програмне забезпечення системи керування

Додаток В Програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ ТА ВИЗНАЧЕНЬ

САК	– Система автоматичного керування;
НЕл	– Нагрівальний елемент
ЛМІ	– Людино-машиний інтерфейс
ПК	– персональний комп'ютер;
SCADA	– Supervisory control and data acquisition system

система диспетчерського керування та збору даних

ВСТУП

Актуальність теми. Процес керування екструдером при виробництві полімерних труб відноситься до складних об'єктів керування, що обумовлено великою кількістю збурень, що впливають на ефективність роботи обладнання. Ручне керування агрегатами екструдера, що працює у потоці, низько ефективно, має низьку продуктивність, а прагнення її підвищити може знизити продуктивність виробництва. Покращити показники якості керування процесу виробництва полімерних труб, такі як час виходу на режим, стабілізація температурного режиму можна за допомогою ретельного дослідження існуючих систем керування та їх вдосконалення, або розробки нових систем.

Втім, існуючі методи, моделі та інформаційне забезпечення при керуванні обладнанням екструдера найчастіше створюються для установок певного типу та конфігурації. Отже, створення методів, моделей та інформаційного забезпечення для керування екструдерами різних типів та конфігурації є **актуальною науково-технічною задачею**, розв'язання якої забезпечує підвищення якості процесів автоматизованого керування процесом виробництва полімерних труб.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є підвищення якості процесу керування екструдером при виробництві полімерних труб, шляхом визначення межі запасу стійкості при впливі збурення на вихідний параметр об'єкту керування.

Для досягнення поставленої мети в роботі поставлені і розв'язані наступні задачі:

- обрати комплекс технічних та програмних засобів, розробити необхідну технічну документацію;
- дослідити передавальну функцію екструдера по каналу потужність нагрівального елемента – температура нагрівального елемента що взаємодіє з полімерним матеріалом для синтезу системи керування;
- дослідити модель системи керування при впливі збурення;

- розробити програмне забезпечення системи керування для SCADA системи з програмованим логічним контролером;
- обґрунтувати економічну ефективність впровадження проекту;
- розробити комплекс заходів з охорони праці на підприємстві.

Об'єкт дослідження – процес керування екструдером при виробництві полімерних труб.

Предмет дослідження – методи, моделі, інформаційне забезпечення автоматизації процесу керування екструдером при виробництві полімерних труб.

Методи дослідження. Для дослідження системи керування екструдером при виробництві полімерних труб використано системний аналіз та системний підхід. Математичне моделювання роботи системи виконано за допомогою диференціальних рівнянь. Оцінка ефективності процесів керування проведена за допомогою використання методів математичної статистики.

Наукове положення.

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив, та залежить від знаку та значення збурення, а стійкість системи керування для протидії збуренню пропорційна коефіцієнту «к» об'єкту керування, та має нижнє межеве значення « $k=2.0419$ ».

Наукова новизна отриманих результатів полягає у наступному:

Отримана модель впливу збурення на вихідний параметр системи керування екструдера по каналу потужність нагрівального елемента – температура нагрівального елемента, що взаємодіє з полімерним матеріалом дозволяє визначити межеве значення коефіцієнта «к» як межу стійкості розробленої системи керування екструдером.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Характеристика галузі

Вважають, що обсяг виробництва та споживання полімерних труб у певній країні характеризує рівень технічного розвитку, а також ступінь інноваційної орієнтації економіки. У багатьох регіонах світу все ще переважають труби із полівінілхлориду, але поліолефінові труби поступово витісняють їх. На нашому ринку ПЕ-труби зберігають провідну роль і зростання їх виробництва продовжується високими темпами. Проте рівень споживання полімерних труб на душу населення країни не досяг показників високорозвинених країн. А трубна галузь Китаю, що швидко розвивається, практично з нуля, за асортиментом та обсягами виробництва [1, 2, 3].

Зазначається приріст виробництва труб із різних сополімерів поліпропілену становить близько 10 відсотків. Поліпропіленові труби застосовують для зовнішньої та внутрішньої каналізації, гарячого водопостачання та опалення. Водночас величезна різноманітність актуальних інновацій дозволяє констатувати постійний якісний розвиток галузі та розраховувати на подальший прогрес. Техніко-економічні новації [4]:

- зростання потужності, продуктивність обладнання, розширення спектру габаритів виробів;
- вдосконалення якості виробів;
- скорочення витрат сировини та енергії;
- підвищення продуктивності праці;
- механізація, автоматизація, комп'ютеризація;
- роботизація виробництва фітингів, насамперед найбільш трудомістких масових деталей із заставними електронагрівачами;
- поліпшення реологічних властивостей полімерів шляхом оптимізації макромолекулярної структури та введення «ковзаючих» добавок;
- розвиток системи контролю.

1.2. Технологічний процес

Технологічний процес виробництва поліетиленових труб з готового гранульованої сировини методом екструзії включає наступні етапи:

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.

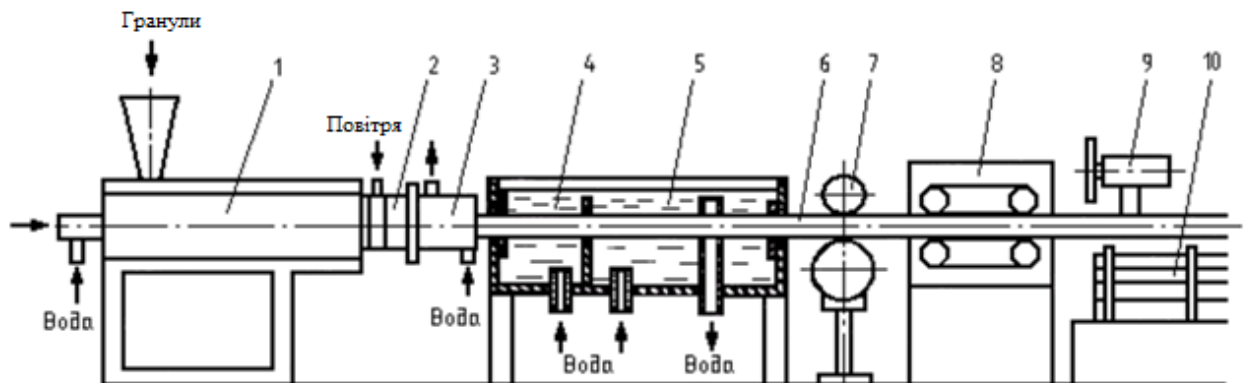


Рисунок 1.1 – Схема агрегату для виробництва труб методом екструзії, де 1 - екструдер; 2 - формуюча головка; 3 - калібруюча насадка; 4, 5 - перша і друга зони охолодження; 6 - трубчастий профіль; 7 - вимірально маркуючий пристрій; 8 - тягучий пристрій; 9 - відрізаючий пристрій; 10 - приймальний стіл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

Гранули полімеру завантажують в бункер екструдера 1, де вони розплавляються і видавлюються через формуючу трубну головку 2. Трубчастий 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 тягне 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

Екструзія - безперервний технологічний процес отримання виробів певної форми шляхом продавлювання розплаву полімерного матеріалу через формуючий отвір.

При виготовленні виробів методом екструзії в полімерах протікають в основному фізичні процеси, наприклад перехід полімеру з одного фізичного або фазового стану в інше. До хімічних процесів, що протікають при екструзії, можна віднести термічну і механічну деструкцію полімерів, обумовлену відповідно високими температурами і великими зсувними напруженнями, що виникають при перебігу розплаву полімеру в робочих вузлах екструдера і формуючої головки. При забезпеченні певних технологічних параметрів ці хімічні процеси можуть бути зведені до мінімуму або повністю виключені.

Основним елементом шнекового екструдера є шнек (черв'як), загальний вигляд якого зображений на рисунку 1.2.

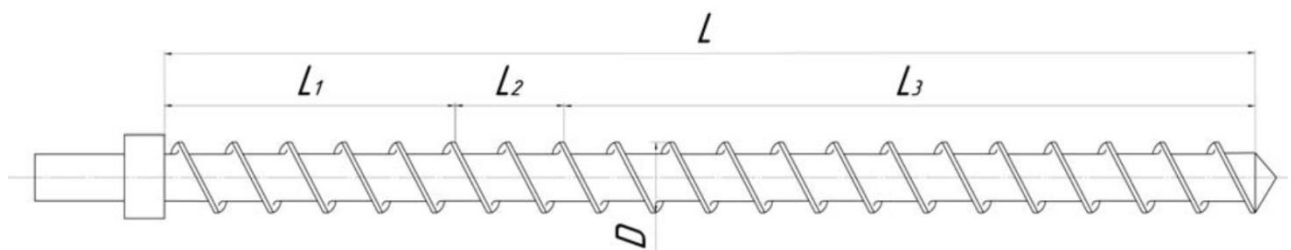


Рисунок 1.2 – Схема загального вигляду шнека,

де L_1 - зона завантаження; L_2 - зона плавлення; L_3 - зона дозування.

У екструзійних машинах зазвичай виділяють три робочі зони: завантаження, плавлення і дозування. Такий поділ носить дещо умовний характер, оскільки відсутні чіткі межі розділу; наприклад, плавлення полімеру починається в зоні

завантаження, а закінчується в зоні дозування. Проте в існуючих конструкціях машин є геометричне поділ на зони, обумовлене розмірами шнека і його геометрією. Істинну межу зон в залежності від стану полімеру можна встановити експериментально або математичними розрахунками з урахуванням конкретних умов роботи агрегату.

За зону завантаження зазвичай приймають довжину шнека від завантажувального отвору до місця появи шару розплаву на поверхні циліндра або шнека. Зона плавлення - це ділянка шнека від початку появи розплаву до повного плавлення шару гранул або неповного плавлення, але руйнування залишився твердого шару гранул на частини, розподілу його в розплаві і переходу на рух розплаву за рахунок в'язкої течії. У зоні дозування відбувається остаточне плавлення залишилися частинок, вирівнювання температури розплаву полімеру по перетину і його гомогенізація, тобто ретельне перемішування розплаву і надання йому однорідних властивостей за рахунок зсувних деформацій в'язкої течії в каналах шнека.

Крім трьох основних зон по довжині шнека можуть бути присутні додаткові зони, призначення яких визначається конкретним технологічним процесом. Найбільш часто зустрічається зона дегазації, в якій на відстані 1 - 3 витків відбувається різке збільшення обсягу гвинтових каналів, що сприяє видаленню з розплаву газоподібних включень.

Шнек характеризується трьома основними параметрами: діаметр D , довжина L , яка зазвичай характеризується відношенням L / D (у сучасних екструдерів L / D від 16: 1 до 40: 1) і ступінь стиснення - відношення обсягів гвинтового каналу в зоні завантаження і зоні дозування (зазвичай від 1,5 до 5,0).

Залежно від способу зміни обсягу витків шнеки бувають:

- а) з постійним кроком і змінною глибиною нарізки;
- б) постійною глибиною нарізки і змінним кроком.

Зазвичай шнеки, виготовлені цілком, мають постійний крок, а шнеки діаметром понад 120 мм виготовляються збірними, і вони мають постійну глибину нарізки.

Крім основних параметрів, шнек характеризується геометричними параметрами (рисунок 1.3).

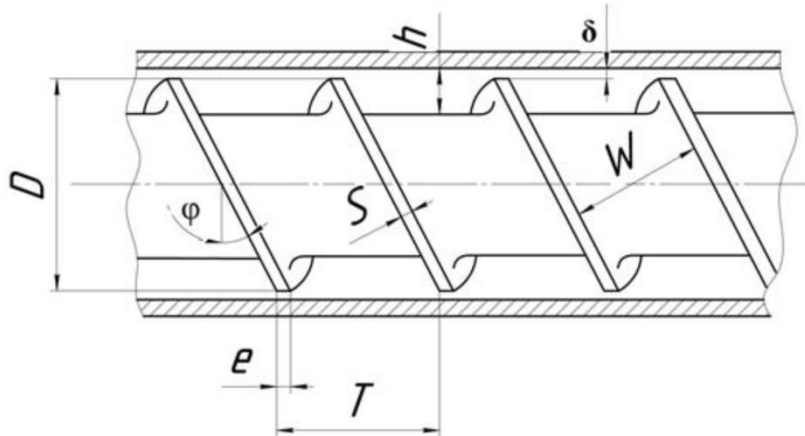


Рисунок 1.3 – Геометричні параметри шнека,

де D - діаметр шнека; T - крок нарізки; W - відстань між витками; S - товщина гребеня; e - ширина гребеня; h - глибина нарізки; δ - висота зазору між гребенем і матеріальним циліндром; φ - кут нахилу нарізки.

1.3.2 Налаштування температурного профіля

Контролювати температуру розплаву дуже складно і в кінцевому випадку марно: оскільки в гвинтовому каналі шнека завжди існує перепад температур, вимірювання температури розплаву фактично буде виконуватися тільки в одній точці, в той час як в іншій частині гвинтового каналу температура буде відрізнятися. На практиці надійніше і корисніше контролювати температуру, що віддається металевим корпусом циліндра, яку до того ж легше стабілізувати.

Сталість температури металевої стінки циліндра в безпосередній близькості від датчика терморегулятори підтримують відмінно, хоча в цьому випадку фактично контролюється температура металу циліндра. Реальний вплив постійно підтримуваної температури металу в кожній зоні може бути тільки опосередкованим на температуру розплаву, проте в будь-якому випадку необхідно забезпечити стабільність температурного режиму, обраного для переробки даної композиції. Оскільки фактично вимірюється температура металу, необхідно враховувати час стабілізації реальної температури розплаву.

У екструдерів з однаковою конструкцією шнеків, але з різними конфігураціями зон і місцями розташування термоелектричних нагрівачів температурні режими в зонах циліндра, можливо, доведеться змінити.

Причиною інтенсивного розігріву стінок циліндра вже в завантажувальній зоні може виявитися шнек з високим ступенем стиснення або примусова подача сировини за допомогою штовхача в завантажувальному бункері. І навпаки, холодні неуцільнені частки, легко прослизують по стінці циліндра в зоні завантаження, здатні істотно охолодити стінку циліндра.

Якщо в одній із зон часто включається система охолодження, то це означає, що процес екструзії генерує надмірний місцевий розігрів полімеру в цій зоні. Для того, щоб правильно теплого режиму необхідно відкоригувати температурне поле в зонах циліндра або підібрати шнек з більш підходящою конструкцією.

У деяких випадках в зонах циліндра екструдера доводиться задавати температури нижче, ніж бажана температура розплаву, через те, що більше половини теплоти для нагріву екструдера може бути привнесено тільки за рахунок зсувних зусиль, створюваних шнеком. Коли використовується такий спосіб нагріву, керування температурою екструдата повністю залежить від геометрії шнека і теплоти, що виділяється внаслідок в'язкого тертя через зсувних зусиль, в свою чергу залежать від глибини гвинтового каналу, зазору між стінками циліндра і гребенями шнека, а також від швидкості обертання шнека.

Це особливо чітко проявляється, коли в екструдері використовується шнек бар'єрного типу з метою збільшення продуктивності.

У зонах циліндра екструдера з бар'єрним шнеком необхідна більш точна настройка температурного профілю. Звичайні Одношнекові екструдери з бар'єрним шнеком при співвідношенні L / D в діапазоні від 24: 1 до 30: 1 мають завантажувальний зону, бар'єрну і зону гомогенізації - в цілому п'ять температурних зон в циліндрі.

Температури в зонах екструзійної головки і перехідного пристрою повинні бути задані відповідно до рекомендацій виробника полімеру.

Температура поблизу завантажувального отвору екструдера повинна бути такою, щоб стінка циліндра була теплою на дотик (40- 50 ° С) - цього достатньо, щоб підігріти гранули, коли вони потрапляють в екструдер, але при цьому запобігти злипанню гранул в завантажувальному отворі.

Перша зона терморегулювання в циліндрі, яка відповідає частці шнека, де виникає тертя між стінками циліндра і гранулами, тертя між самими гранулами і тертя між шнеком і гранулами, чинить максимальний вплив на передачу твердих полімерних частинок.

Головна умова стабільної передачі твердих гранул - полімер повинен прилипати до циліндра, а по шнеку - прослизати. Щоб максимально поліпшити передачу твердих полімерних частинок, при переробці більшості поліолефінів температура зони 1 задається в діапазоні між 150 і 200 ° С.

Чим більше рекомендована температура розплаву полімеру на виході, тим вище повинна бути задана температура в зоні 1, наскільки можливо без злипання гранул в горловині.

Температура в зоні 2 повинна бути встановлена на 50-80 ° С вище, ніж температура в зоні 1, при цьому вона не повинна викликати плавлення, щоб полімер все ще перебував в гранульованій формі. Оскільки теплота до полімерних гранул може передаватися за рахунок перетворення механічної енергії від шнека і від нагрівачів, то температури в інших зонах необхідно ставити з послідовним зниженням - від зони 2 до зони дозування.

Наприклад, в екструдері з п'ятьма зонами, якщо загальна різниця температур між зоною 2 і зоною 5 складає 30 ° С, температуру в зоні 3 слід задавати на 10 ° нижче температури в зоні 2, а температуру в зоні 4 задавати на 10 ° нижче температури в зоні 3, а в зоні 5 - ще нижче на 10 °.

Температуру в зоні гомогенізації можна задати приблизно на 5–15 °С нижче, ніж рекомендована постачальником полімеру, і відповідно нижче в перехідному адаптері і в зонах екструзійної головки.

Такі температури в зонах корпусу циліндра спеціально рекомендуються для бар'єрних шнеків і підходять для полегшення переробки різних марок

лінійного поліетилену, синтезованих за допомогою каталізаторів Циглера-Натта, або металлоценовий каталізаторів, а також пластомеров.

1.3.3 Принцип функціонування об'єкта керування

Провівши аналіз екструзійної машини як об'єкта керування та узагальнивши інформацію викладену вище, об'єкт керування можна уявити в загальному випадку наступним чином (рисунок 1.4).

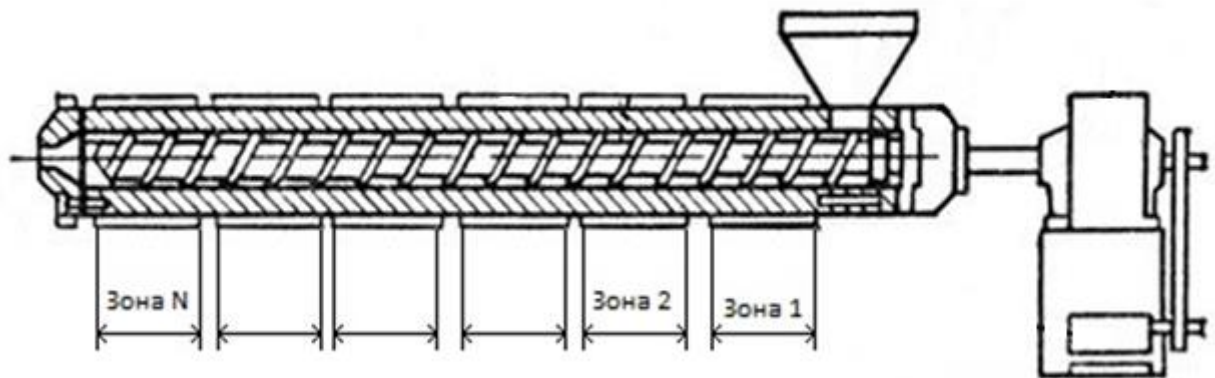


Рисунок 1.4 – Спрощена схема екструдера

На спрощеній схемі екструзійної машини показано наявність декількох зон нагріву екструдера (Зона1, Зона2, ЗонаN) і привід шнека екструдера. З точки зору автоматизації кожна зона екструдера представлена нагрівальним елементом і датчиком температури полімерної маси, а привід екструдера представлений електродвигуном, що здійснює обертання шнека екструдера і датчиком швидкості (частоти обертання) вала шнека екструдера.

Нагрівальний елемент N-ної зони являє собою нагрівальний елемент хомутового типу, який представляє собою кільцевої хомут всередині якого розташовані керамічні ізолятори всередині яких знаходиться спіраль нагрівального елемента (Рисунок 1.5)

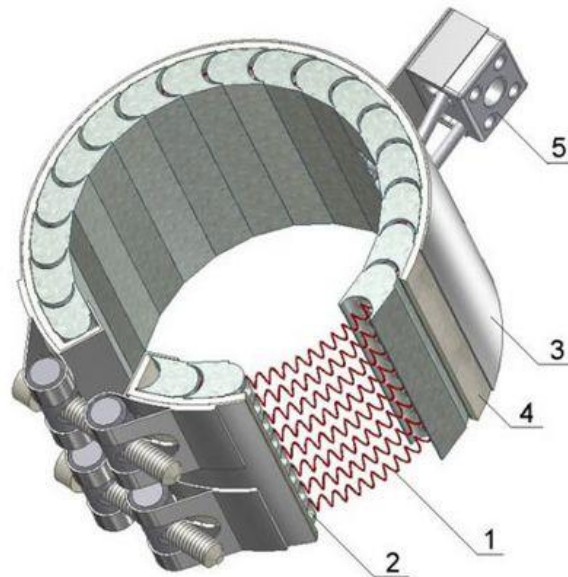


Рисунок 1.5 – Схема нагрівального елемента,

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

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

Електропривод екструдера є асинхронний електродвигун потужністю 3,5 кВт живиться від мережі 220 / 380В-50Гц. Цей електродвигун пов'язаний з валом шнека екструдера за допомогою понижаючого редуктора.

Виходячи з цього і вище викладеного технологічного процесу можна сформулювати постановку задачі автоматизації для керування екструзійною машиною. В даному випадку завдання автоматизації зводиться до створення (розробки) системи керування екструзійною машиною, що входить до складу технологічної лінії виробництва полімерних труб.

Система керування екструзійною машиною повинна забезпечувати виконання таких функцій:

- підтримка заданої температури полімерної маси у відповідній зоні екструдера (в кожній зоні відповідне значення заданої температури);
- підтримка заданої продуктивності екструдера шляхом регулювання швидкості обертання валу шнека екструдера відповідно до заданої величиною, яка формується протяжною установкою, що входить до складу технологічної лінії.

1.4. Структура системи керування

Структура системи керування відображає структурні елементи системи керування і зв'язки між ними. Для технологічного процесу виробництва полімерних труб пропонується використовувати централізовану систему керування яку умовно можна поділити на три рівня. Перший рівень це рівень датчиків та виконавчих механізмів. На рівні датчиків пропонується використовувати аналоговий датчик температури нагрівального елемента, що взаємодіє з полімерним матеріалом. Виконавчим механізмом є нагрівальний елемент. Другий рівень здійснює обробку інформації, що надійшла з першого рівня, реєстрацію технологічних параметрів, підготовку і передачу оперативної інформації на третій рівень, отримання уставок від верхнього (третього) рівня. Другий рівень включає в себе мікропроцесорний контролер з модулями вводу/виводу даних. Третій рівень керування представляє собою пульт оператора що реалізовано за допомогою комп'ютера.

Пульт оператора виконує наступні функції:

- керування технологічним процесом;
- візуалізація стану технологічного обладнання в зручному для сприйняття і аналізу вигляді (графіки, мнемосхеми, перелік подій і т.п.).

Розроблено структурну схему системи керування екструдером при виробництві полімерних труб (рисунок 1.6).

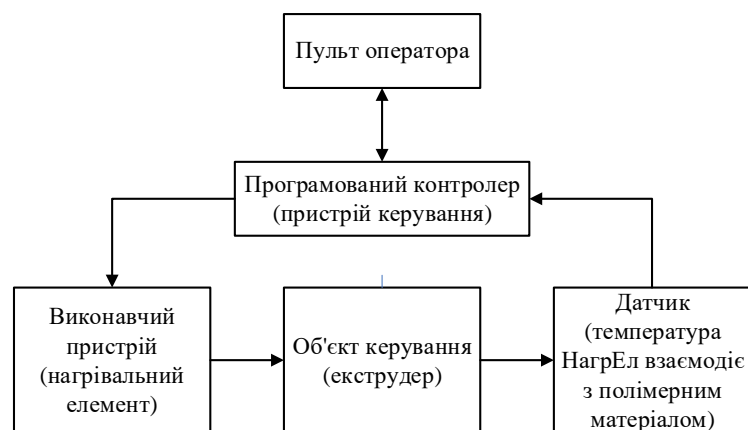


Рисунок 1.6 – Структурна схема системи керування екструдером при виробництві полімерних труб

Сучасна система керування, в свою чергу, істотно розширює можливості регулювання. За допомогою мікропроцесорної техніки можна реалізувати складні алгоритми керування. При цьому обладнання має високу надійність, є можливість резервування. Вже впроваджена система легко піддається змінам в схемах і контурах регулювання, без заміни і модернізації устаткування.

Сучасні системи керування крім вирішення задач керування об'єктом виконують ряд інших функцій, таких як: конфігурування передавальних характеристик датчиків, програмування контролерів та виконавчих пристроїв; організація робочого місця оператора; візуалізація людино-машинного інтерфейсу; виявлення критичних режимів роботи; реєстрація історії процесу керування; створення, зберігання, та завантаження режимів технологічного процесу; формування звітів; архівація даних.

Реалізація вище наведених функцій потребує використання не тільки промислових контролерів, а одного або декількох комп'ютерів, оснащених спеціалізованим програмним забезпеченням та підключених до загальної промислової інформаційної мережі.

Розроблена структурна схема інформаційних потоків показана на рис. 1.7. Дана структура забезпечує збір інформації про технологічний процес, її реєстрацію, візуалізацію, збереження в базі даних і створення резервних копій. Крім того дана структура забезпечує контроль за обладнанням і сигналізацію.

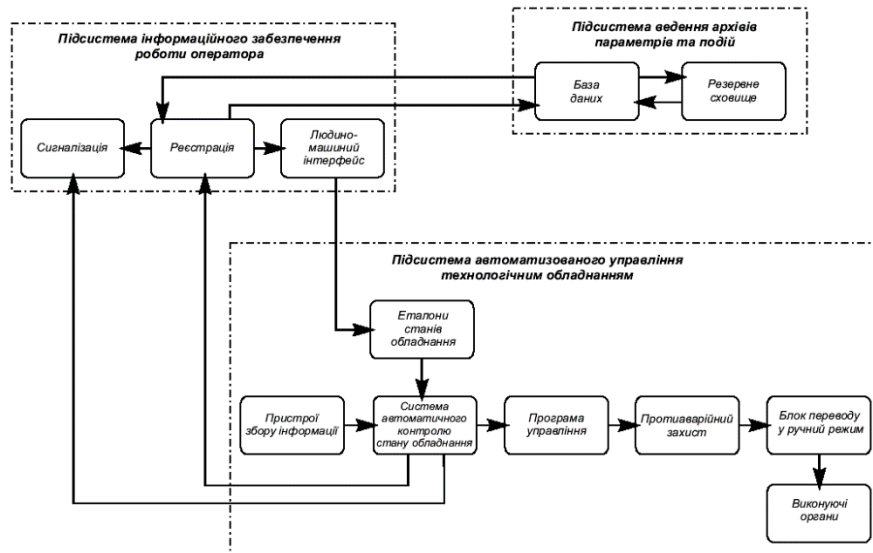


Рисунок 1.7 – Структурна схема інформаційних потоків

З огляду на те, що температура нагрівального елемента, що взаємодіє з полімерним матеріалом, не перевищує 300°C , то для контролю даного технологічного параметра обрано термоперетворювач опору платиновий з високоточним нормованим перетворювачем, з уніфікованим вихідним сигналом $4\text{...}20\text{ мА}$ [5]. Діапазон вимірюваних температур термоперетворювача ОВЕН ДТС035М–100П.0,5.60.И[4] складає від мінус 50 до плюс 500 C . Цей термоперетворювач (рис. 1.8) призначено для безперервного вимірювання та перетворення значень температури рідин, газоподібних, твердих та сипучих речовин в уніфікований вихідний сигнал струму $4\text{...}20\text{ мА}$. Вимірюваний технологічний робочий діапазон температур від 0 до плюс 280°C , що лежить в діапазоні температур термоперетворювача.



Рисунок 1.8 – Термоперетворювач ОВЕН ДТС035М–100П.0,5.60.И[4]

Термометри опору надійні в експлуатації, мають високу чутливість, у них відсутні необхідність в застосуванні дорогих компенсаційних проводів, вони мають хорошу взаємозамінність.

На підставі обраного термоперетворювача та його технічних характеристик складена таблиця 1.1

Таблиця 1.1. – Датчики системи керування

№	Найменування параметра	Принцип роботи	Тип	Діапазон вимірювання	Точність, %	Значення виходу	Період оновлення	Споживча потужність
1	Температура нагрівального елемента екструдера	Перетворення температури в опір	Аналоговий	мінус50 – плюс 500°C	0,5	4-20 мА	1 с	1 Вт

Для керування нагрівальним елементом екструдера використовуємо регулятор потужності SPC1-50 див. рис.1.9.

Технічні характеристики виконавчих пристроїв наведені в таблиці виконавчих пристроїв див. табл.2.3.



Рисунок 1.9 – Регулятор потужності SPC1-50

Регулятор потужності має тип SPC. Кількість фаз – однофазний. Інтерфейс каналу керування – токова петля 4...20 мА. Значення максимального струму – 50А. Виконує плавне підвищення навантаження за час від 0 до 50 секунд.

Таблиця 1.2. – Виконавчий пристрій

№	Назва параметру	Принцип дії	Тип	Діапазон змінення	Лінійність	Значення входу	Період оновлення	Напруга живлення	Потужність споживання
1	Керування потужністю	Сімісторний ключ	аналоговий	0...100%	лінійна	4...20мА	1с	220 В	

В роботі використовується програмований логічний контролер VIRA 200 214-2BE03 (рис. 1.10). Так як, цей контролер задовольняє всім вимогам системи. Даний контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40

мкс, що достатньо для забезпечення реакції на зміну температури, обсяг пам'яті програм 144 Кбайта і обсяг робочої пам'яті 96 Кбайт, що є достатнім для реалізації програми керування.

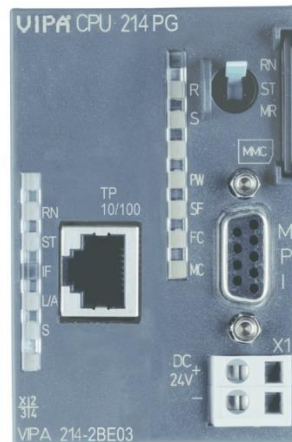


Рисунок 1.10 – Модуль програмованого логічного контролера VIPA 214-2BE03

Технічні характеристики контролера наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. – Технічні характеристики модуля VIPA 214-2BE03

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	Тип CPU 214NET
2	Робоча пам'ять, кБайт	96
3	Пам'ять, кБайт	144
4	Час виконання команди над бітом, мкс	0,18
5	Час виконання команди над байтом, мкс	0,78
6	Час виконання команди над словом, мкс	1,8
7	Час виконання команди над подвійним словом, мкс	40,0
8	Ethernet інтерфейс	Присутній
9	Напруга живлення, В	24
10	Споживана потужність, Вт	6
11	Максимальна кількість модулів, штук	32

Виходячи з того, що контролер буде підключений до пристрою з аналоговим виходом, та до пристрою, що керується аналоговим сигналом, контролер володіє модульною структурою, щоб забезпечити підключення

вибраного обладнання. Також контролер володіє Ethernet інтерфейсом, що забезпечує можливість функціонування підсистеми інформаційного забезпечення роботи оператора, що реалізована на базі персонального комп'ютера.

Для підключення до програмованого логічного контролера Термоперетворювач ОВЕН ДТС035М–100П.0,5.60.И[4] необхідно використати модуль аналогового входу з діапазоном вхідного сигналу 4...20 мА. Також, для підключення регулятора потужності SPC1-50 , нам необхідно використати модуль аналогового виходу з діапазоном вихідного сигналу від 4...20 мА. Даним вимогам задовольняє модуль VIPA 234-1BD50, що володіє двома аналоговими входами та двома аналоговими виходами з діапазоном сигналу 4...20 мА див. рис. 1.11.

Технічні характеристики модуля аналогового вводу/виходу наведені в 0.



Рисунок 1.11 - Модуль аналогового вводу/виходу VIPA 234-1BD50

Таблиця 1.4. – Технічні характеристики модуля аналогового вводу/виходу

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	SM 234
2	Кількість входів/виходів	2/2
3	Тип входу	аналоговий
4	Діапазон сигналу, мА	+/-20mA, +/-10V
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	2,9

На підставі обраного програмованого логічного контролера і його модулів складена 0.

Таблиця 1.5. – Програмований логічний контролер і його модулі

№	Найменування	Пристрій	Потужність
1	VIPA 214-2BE03	Центральний процесорний модуль	6,00 Вт
2	VIPA 234-1BD50	Модуль аналогового вводу/виводу	2,90 Вт

Програмований логічний контролер VIPA 214-2BE03 живиться від джерела постійної напруги +24 В. Споживана потужність програмованого логічного контролера 18 Вт. Відповідно до цього в якості джерела постійної напруги обрано джерело живлення SPD24301 зі змінною напругою живлення від ~ 85 до ~ 264 В, вихідною напругою +24 В і потужністю 30 Вт (рисунок 1.12).



Рисунок 1.12 – Джерело живлення SPD24301

Схема підключення програмованого логічного контролера 214-2BE03 до джерела живлення SPD24301 приведена на рисунку 1.13.

Таблиця 1.6. – Технічні характеристики джерела живлення SPD24301

№	Найменування параметру	Значення
1	Напруга живлення, В	~85÷~264
2	Вихідна напруга, В	24
3	Потужність, Вт	30
4	Максимальний вихідний струм, А	1,25

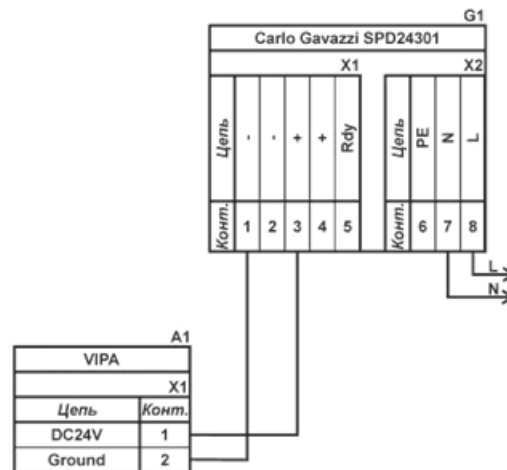


Рисунок 1.13 – Схема підключення ПЛК 214-2BE03 до джерела живлення SPD24301

На основі вимог до системи керування та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рисунку 1.14).

В якості пристроя керування використовується програмований логічний контролер (UY 4 – VIPA 214-2BE03). Дані програмованого логічного контролера про протікання технологічного процесу візуалізуються на пульті оператора (UY 5 - Персональний комп'ютер).

Температура вимірюється за допомогою термоперетворювач (TE 1-1 – ОВЕН ДТС035М–100П.0,5.60.И[4]) виходом якого є сигнал у вигляді струму 4...20 мА. З ПЛК передаються дані на регулятор потужності (EY3-1 – SPC1-50) у вигляді сигналу 4...20мА, який задає потужність нагрівального елемента.

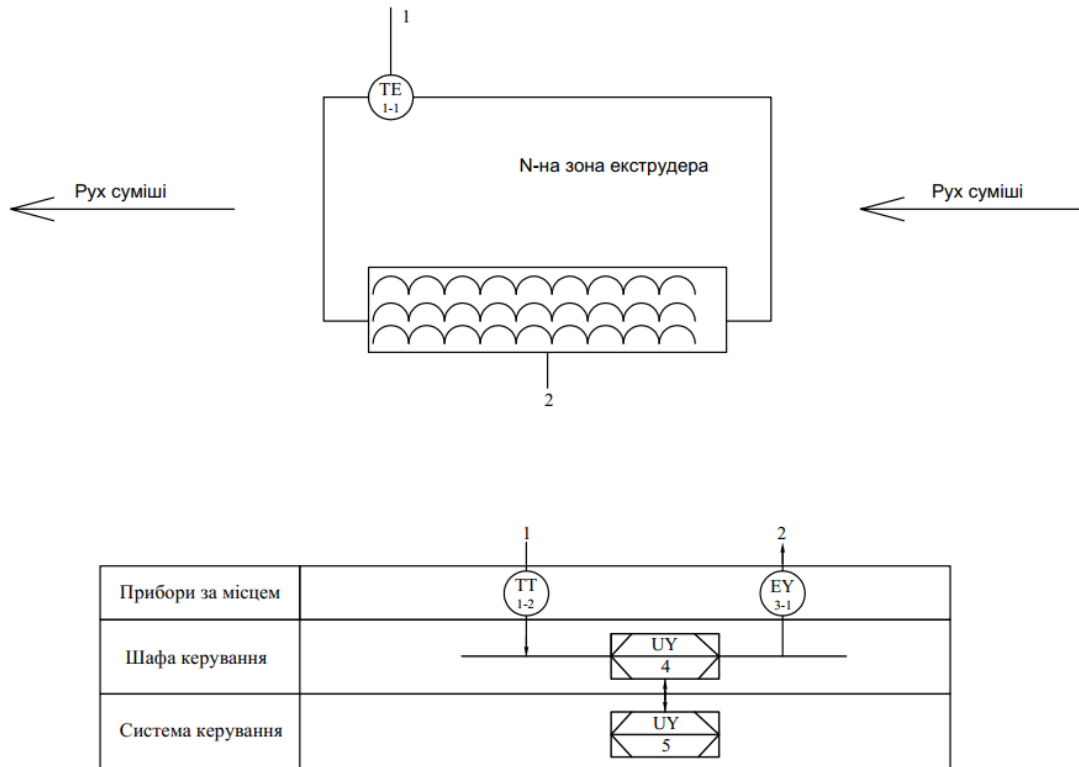


Рисунок 1.14 – Функціональна схема автоматизації системи керування

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова системи керування (Рисунок 1.15).

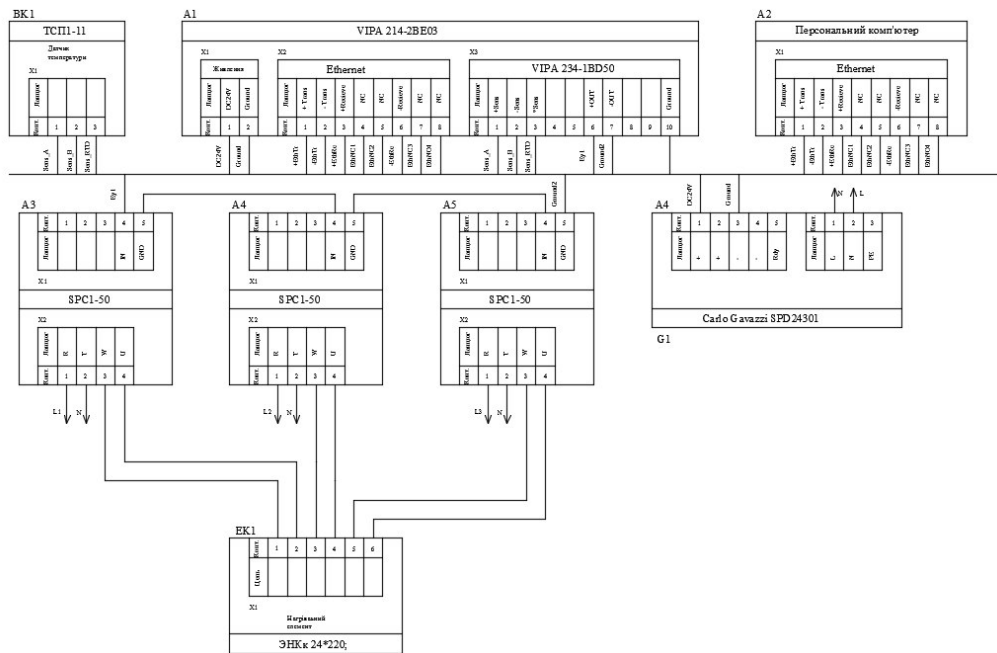


Рисунок 1.15 – Схема електрична принципова системи керування

В системі використовуються джерело живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1). До джерела живлення (G1) підключений програмований логічний контролер VIPA 214-2BE03 (A1). Параметри функціонування системи керування можуть бути задані за допомогою персонального комп'ютера (A2), що виконує функцію пульта оператора. Зв'язок між програмованим логічним контролером (A1) і персональним комп'ютером (A2) реалізований за допомогою інтерфейсу Ethernet.

Температура вимірюється за допомогою термоперетворювача (ОВЕН ДТС035М–100П.0,5.60.И[4]). Токовий вихід датчика температури 4-20 мА підключений до порту аналогового вводу програмованого логічного контролера VIPA 214-2BE03 (A1).

Вказівки на зміну потужності нагрівального елемента (ЕК1 - ЭНКк 300*100; 24*220; 4) здійснюється програмованим логічним контролером (A1) через порт аналогового виводу, що подає сигнал 4...20мА до регулятора потужності SPC(A3,A4,A5).

1.5. Формулювання задачі дослідження

Мета кваліфікаційної роботи полягає у підвищенні якості процесу керування екструдером при виробництві полімерних труб, шляхом визначення межі запасу стійкості при впливі збурення на вихідний параметр об'єкту керування.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити передавальну функцію потужність нагрівального елемента
- температура нагрівального елемента що взаємодіє з полімерним матеріалом для синтезу системи керування;
- дослідити модель системи керування при впливі збурення;
- розробити програмне забезпечення для SCADA системи з програмованим логічним контролером;
- обґрунтувати економічну ефективність впровадження проекту;
- розробити комплекс заходів з охорони праці на підприємстві.

1.6 Висновки по розділу

За результатами аналізу об'єкта керування як об'єкта автоматизації та об'єкта дослідження зроблено наступні висновки:

- вхідними параметрами об'єкта керування є сигнал керування потужністю нагрівального елемента;
- вихідними параметрами об'єкта керування є температура нагрівального елемента що взаємодіє з полімерним матеріалом;
- об'єкт керування у атестаційній роботі відноситься до класу неперервних, об'єктів керування;
- для системи керування екструдером при виробництві полімерних труб обрано комплекс технічних засобів на базі мікропроцесорного контролера VIPA 200, виконано розробку необхідних технічних документів.

2 ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Модель об'єкта керування

У промисловості найбільш поширеним способом отримання математичної моделі є ідентифікація об'єкта керування. Ідентифікація – це процес побудови математичної моделі об'єкта керування, заснований на обробці спостережуваних вхідних і вихідних сигналів.

Процес ідентифікації об'єкта керування складається з трьох етапів: структурна ідентифікація, параметрична ідентифікація та оцінка адекватності моделі. Передавальна характеристика екструдера по каналу потужність нагрівального елемента (G) – температура нагрівального елемента (T), що взаємодіє з полімерним матеріалом отримана після ідентифікації процесу керування екструдером. Передаточна характеристика представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку:

$$\frac{K_{GT} e^{-\tau_0 p}}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}, \quad (2.1)$$

де, $T_2=71.69$ сек.; $T_1=143.49$ сек.; $K_{GT}=2.917$ °C/%, $\tau_0=19.2$ сек.

Модель об'єкту керування у математичному пакеті MATLAB має вигляд (рис. 2.1) :

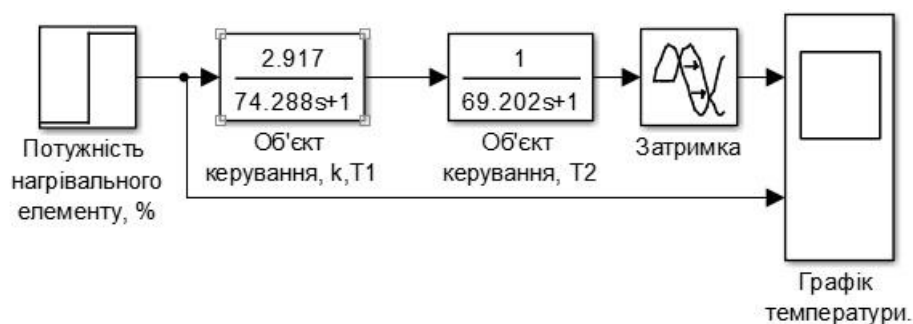


Рисунок 2.1 – Модель об'єкту керування

Дослідження за допомогою ступеневого впливу, представлено на рис. 2.3. Проведено дослідження за допомогою П-образного впливу, що показав симетричність моделі, та відсутність інтегруючої складової (рис. 2.3).

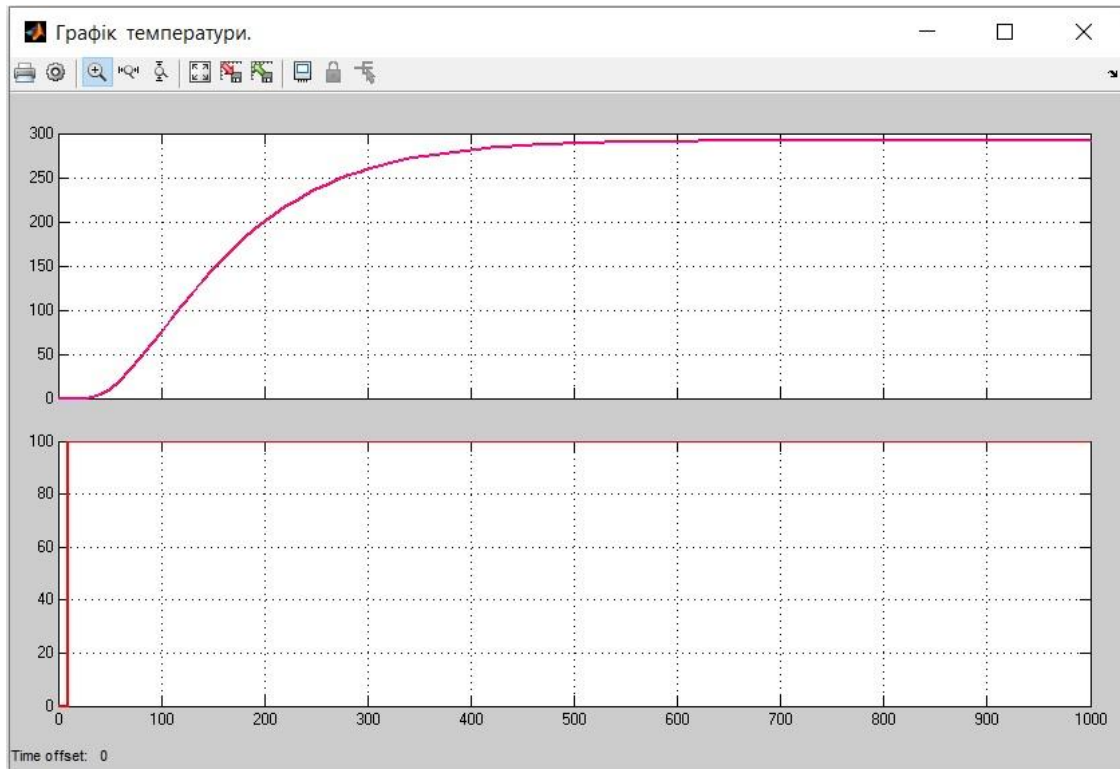


Рисунок 2.2 – Результат моделювання об'єкта керування по каналу потужність нагрівального елемента (%) – температура нагрівального елемента ($^{\circ}\text{C}$)

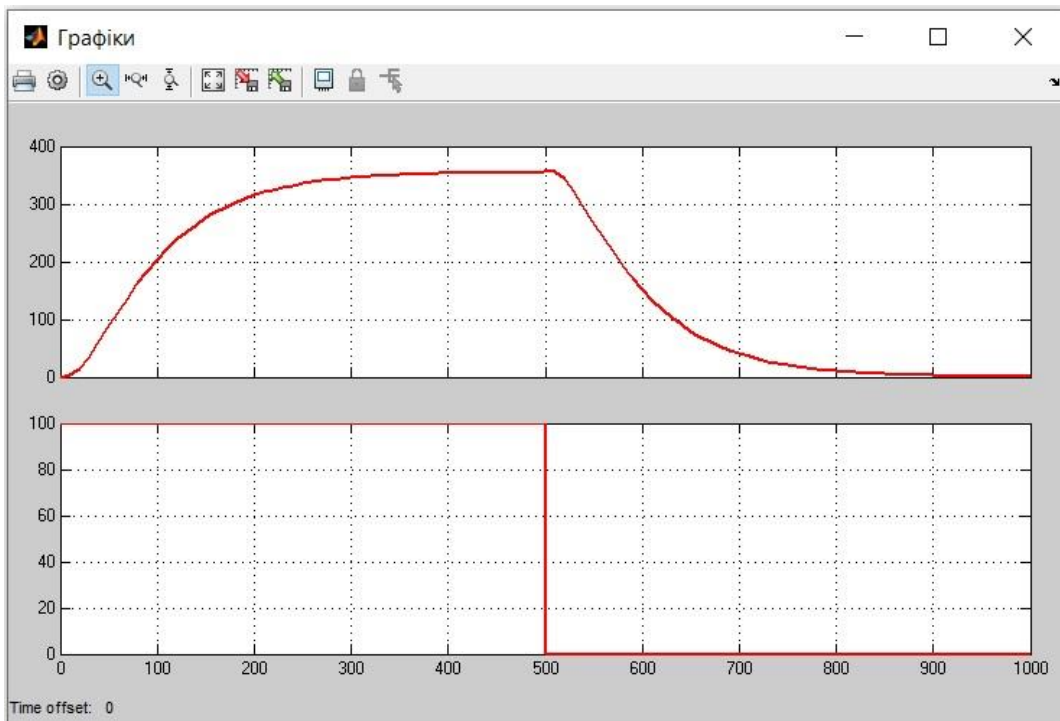


Рисунок 2.3 – Характеристика об'єкту під впливом П-образного впливу

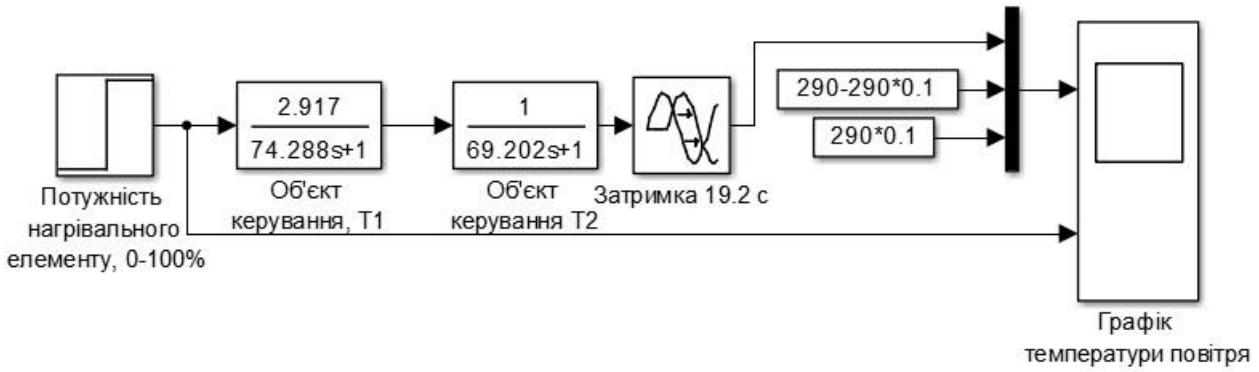


Рисунок 2.4 – Реалізація моделі об'єкту керування для визначення часу наростання та встановлення

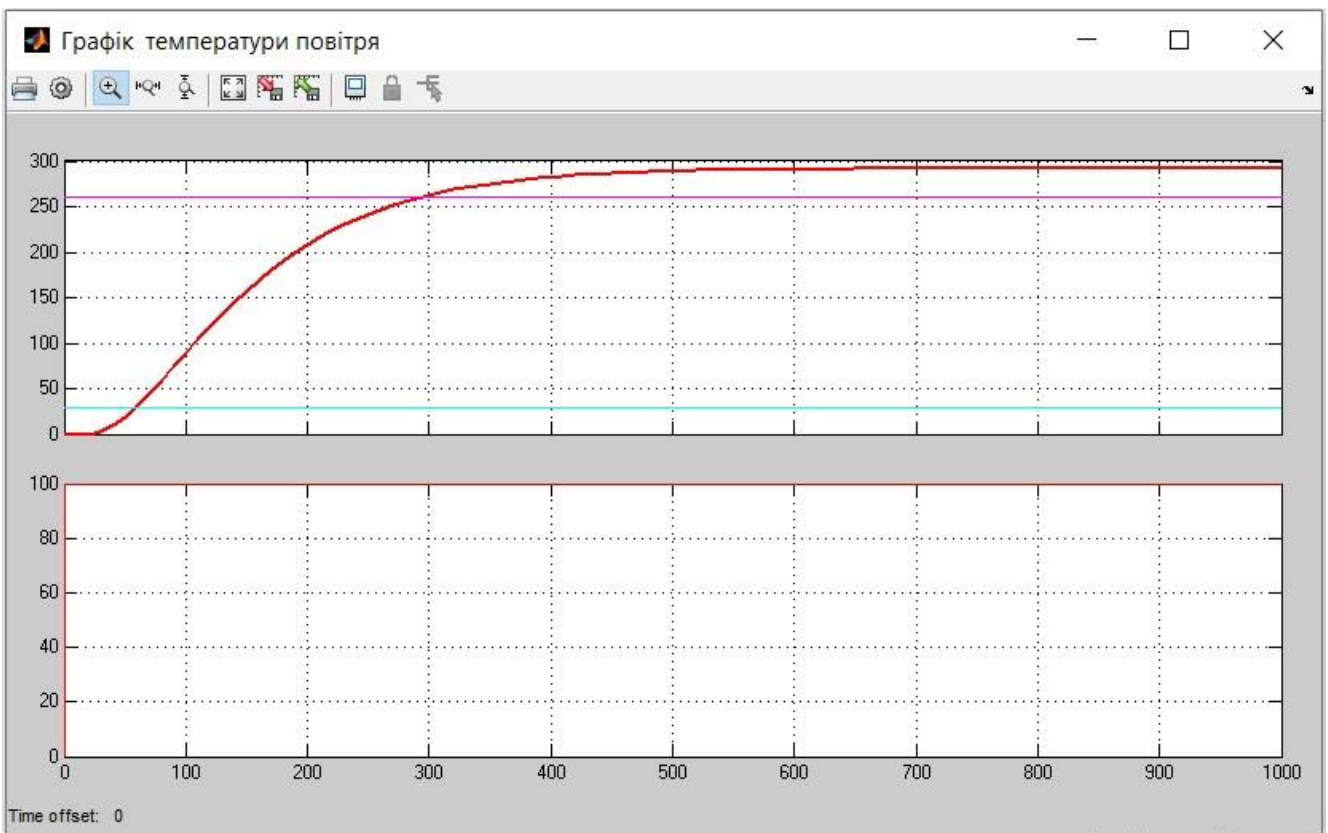


Рисунок 2.5 – Графік об'єкту керування для визначення часу наростання та встановлення

Таким чином у результаті виконання експерименту проведено дослідження у результаті якого були отримані динамічна характеристика, а також отримані перевіірочні дані.

2.2 Критерії якості функціонування об'єкта керування

Критерієм керування температурою нагрівального елемента, що взаємодіє з полімерним матеріалом є мінімальне відхилення від заданого значення.

$${}_{\text{відхил}}T = |T - T_{\text{зад}}| \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де ${}_{\text{відхил}}T$ – відхилення значення параметру температура нагрівального елемента;
 T – значення параметру температура нагрівального елемента; $T_{\text{зад}}$ – задане значення параметру температура нагрівального елемента.

Графічним методом за допомогою рисунка 2.5 встановлюється параметри об'єкту керування час наростання, та час встановлення, перерегулювання. Час наростання це інтервал часу на протязі якого вихідна змінна зростає від 10% до 90% від встановленого значення. Згідно рис. 2.5. час наростання дорівнює приблизно 240 с. Час встановлення с заданою похибкою – час по завершенню якого похибка регулювання не перевищує заданого значення. Для похибки (не більше 10%) згідно рисунка 2.5 час встановлення складає приблизно 400 с. Перерегулювання – перевищення першого викиду над сталим значенням змінної. Згідно рис. 2.5. перерегулювання відсутнє.

Також необхідно дослідити поведінку системи, за умови застосування декількох типів регуляторів. Та вивести залежності якості роботи системи керування екструдером відповідно до зміни параметрів системи.

Для цього об'єкту, виходячи з його характеристик, буде проведено дослідження з використанням оптимального регулятора для визначення граничних показників для P, PI, PID регуляторів. PID регулятор є кращим рішенням для об'єктів 1-2го порядків з затримкою, а також має здатність компенсувати статичну помилку за її наявності.

Метод за допомогою яких, буде проведено дослідження, і одержання параметрів для кожного з регуляторів це метод Зиглера-Николса.

Алгоритми налаштування регулятора цими методами відповідає основним цілям регулятора. Під час налаштування, коефіцієнт регулятора вибирається таким чином, щоб забезпечити найкраще співвідношення між продуктивністю і

робастністю. За замовчуванням, алгоритм вибирає частоту зрізу (ширину смуги пропускання) на підставі динаміки моделі і мінімального запасу по фазі в 60 градусів.

2.3 Висновки по розділу

Методом отримання математичної моделі об'єкту керування була обрана ідентифікація. Для системи керування екструдером при виробництві полімерних труб для каналу керування «Потужність нагрівального елемента – температура нагрівального елемента» передаточна характеристика являє собою аперіодичну ланку другого порядку з запізненням 19.2 секунди. Дослідження за допомогою П-образного впливу показало симетричність моделі, та відсутність інтегруючої складової. Дослідження об'єкту графічним методом по вихідній характеристиці після подачі вхідного сигналу визначило наступні характеристики: час наростання дорівнює приблизно 240 с., час встановлення складає приблизно 400 с., перерегулювання відсутнє.

Отриманих даних про функціонування об'єкту керування, та визначеного критерію керування достатньо для проведення синтезу системи керування та обрання конкретного типу регулятора.

3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

3.1 Модель системи керування

Імітаційна модель системи автоматичного керування екструдером при виробництві полімерних труб основана на структурній схемі системи, коли складовими частинами імітаційної моделі системи є локальні імітаційні моделі окремих елементів системи. Такими локальними моделями є імітаційні моделі блоку керування або регулятора, датчика температури, блока керування потужністю нагрівального елемента та нагрівального елемента (НЕл) екструдера, що взаємодіє з полімерним матеріалом.

Таким чином, структурна схема імітаційної моделі системи керування екструдером при виробництві полімерних труб представлено на рис.3.1.

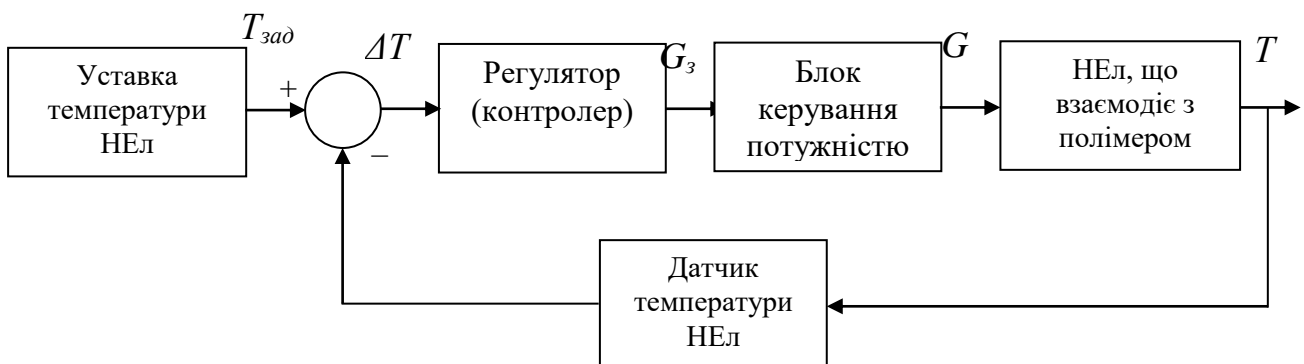


Рисунок 3.1 - Структурна схема імітаційної моделі системи керування екструдером при виробництві полімерних труб

На рис.3.1. введені наступні позначення: $T_{зад}$ – задане значення (уставка) температури нагрівального елемента екструдера, °С; T – фактичне значення температури нагрівального елемента екструдера, °С; ΔT – відхилення фактичного значення температури нагрівального елемента екструдера від заданого значення (уставка) температури нагрівального елемента екструдера, °С; $G_з$ – задане значення потужності нагрівального елемента екструдера, %; G – фактичне значення потужності нагрівального елемента екструдера, %.

Аналіз характеристик у розділах 1, 2 дозволяє зробити висновок щодо суттєвої інерційності зміни температури нагрівального елемента як об'єкта керування – перехід температури на новий рівень займає до 700 сек. Тим часом, зміна ступеня потужності нагрівального елемента із одного крайнього положення до іншого займає декілька секунд. Таким чином, маючи суттєву інерційність об'єкта керування у порівнянні з регулятором потужності, як виконавчим елементом системи (об'єкт повільніше за виконавчий елемент у 100 разів), справедливим буде припущення про відсутність інерційності виконавчого елемента системи. Також приймаємо, що датчик температури нагрівального елемента екструдера також є елементом без інерції, оскільки перетворення зміни температури вимірювального елемента датчика на зміну електричного сигналу відбувається за декілька мілісекунд.

На основі результатів структурної та параметричної ідентифікації об'єкта керування передаточна функція об'єкта керування має наступний вигляд:

$$W(s) = \frac{2.917 e^{-19.2p}}{5140.88p^2 + 143.49p + 1},$$

де s – неперервний оператор Лапласа.

Для обчислення коефіцієнтів підсилення локальних моделей елементів системи зробимо аналіз діапазонів зміни сигналів на входах та виходах елементів системи.

За умови повної потужності регулятора потужності нагрівального елемента екструдера спостерігається температура нагрівального елемента екструдера 291°C. Повній потужності регулятора потужності відповідає сигнал струмового інтерфейсу 20 мА. За умови повністю зачиненого регулятора потужності відповідає температурі повітря навколишнього середовища. Зачиненому регулятору потужності нагрівального елемента екструдера відповідає керуючий сигнал струмового інтерфейсу 4мА. Датчик або термоперетворювач ОВЕН ДТС035М–100П.0,5.60.И[4] вимірює температуру у діапазоні від мінус 50°C (при

цьому на виході сигнал 4 мА) до плюс 500°C (при цьому на виході сигнал 20 мА).

3.2 Структура регулятора

Регулятор системи автоматичного керування являє собою програмно-апаратний пристрій, який стежить за дійсним вихідним значенням параметра об'єкта керування й розраховує значення керуючого впливу, яке виконується за допомогою виконавчого пристрою. Розрахунки значення керуючого впливу здійснюється відповідно до алгоритму керування реалізованим регулятором. Вибір регулятора здійснюється відповідно до вимог, висунутих до системи автоматичного керування і якості її роботи.

На підставі вимог до системи керування температурою нагрівального елемента екструдера система повинна підтримувати значення температури на рівні 200°C. Статична помилка системи автоматичного керування повинна дорівнювати нулю. Зміна температури нагрівального елемента повинна бути монотонною. Перерегулювання повинне бути меншим за 10 %, що становить 20°C.

У процесі ідентифікації було встановлено, що поверхня нагрівального елемента є лінійним об'єктом керування, структурно стійкою, і з самовирівнюванням. У промисловості для керування такими об'єктами широке застосування одержали пропорційно-інтегрально-диференційні регулятори.

Виходячи з отриманих результатів ідентифікації, визначені постійні часу (143.49 с та 71.69 с) та час запізнення (19.2 с) об'єкта керування.

Виходячи з цього, у системі автоматичного керування температурою нагрівального елемента екструдера, в якості регулятора міг бути використаний пропорційно-інтегрально-диференційний (PID) регулятор, або один з його підвидів: пропорційний (P), пропорційно-інтегруючий (PI), пропорційно-диференційний (PD).

Розрахунок параметрів для P, PI, PID регуляторів проведемо методом Зиглера-Николса. Для визначення параметрів регуляторів за методами Зиглера-

Николса необхідно розрахувати параметри. Використовуються параметри що характеризують реакцію об'єкту керування на ступінчасту зміну керуючого впливу, а саме: K – коефіцієнт підсилення інтегруючої ланки, T – постійна часу об'єкту, τ – час затримки. Визначення характеристики постійна часу об'єкту виконується згідно кривої розгону методом дотичної у точці перегину передавальної характеристики (крива розгону). У даному випадку точка перегину відповідає режиму переходу від прискорення до режиму уповільнення темпу наростання вихідного сигналу.

Модель відповідає аперіодичній ланці другого порядку

$$K = 2.917, T = 200 \text{ с}, \tau = 19.2 \text{ с}$$

Пропорційний регулятор по методу Зиглера-Николса: $K_p = 3.57$

Пропорційно-інтегруючий регулятор по методу Зиглера-Николса

$$K_p = 3.214, T_i = 0.056$$

Пропорційно-інтегруючо-диференціюючий регулятор

$$K_p = 4.29, T_i = 0.112, T_d = 41.14, N = 10.000$$

Таблиця 3.1 – Параметри регуляторів метод Зиглера-Николса

	K_p	T_i	$T_d=K_d$	T_f	N
P	3.57				
PI	3.214	0.056			
PID	4.29	0.112	41.14	4.114	10

Побудуємо модель системи у пакеті MATLAB та реалізуємо усі типи регуляторів, перевіривши їх роботу з параметрами, що розраховані методом Зиглера-Николса.

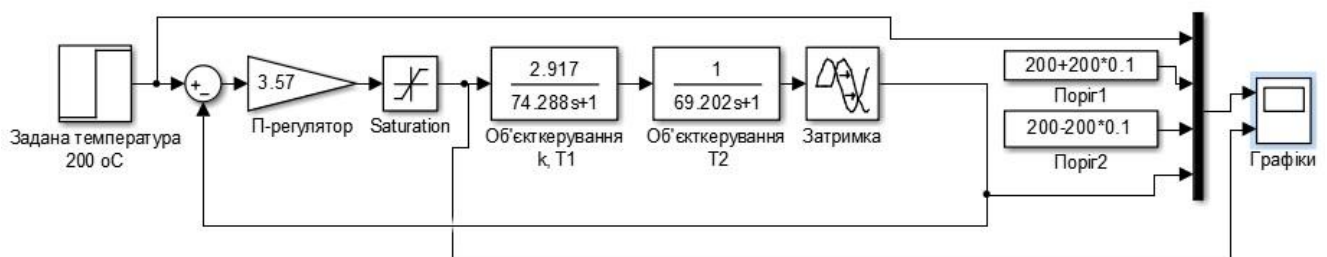


Рисунок 3.2– Модель системи керування з P-регулятором за методом Зиглера-Николса

Графік моделювання системи керування з Р-регулятором показано на рис. 3.3.

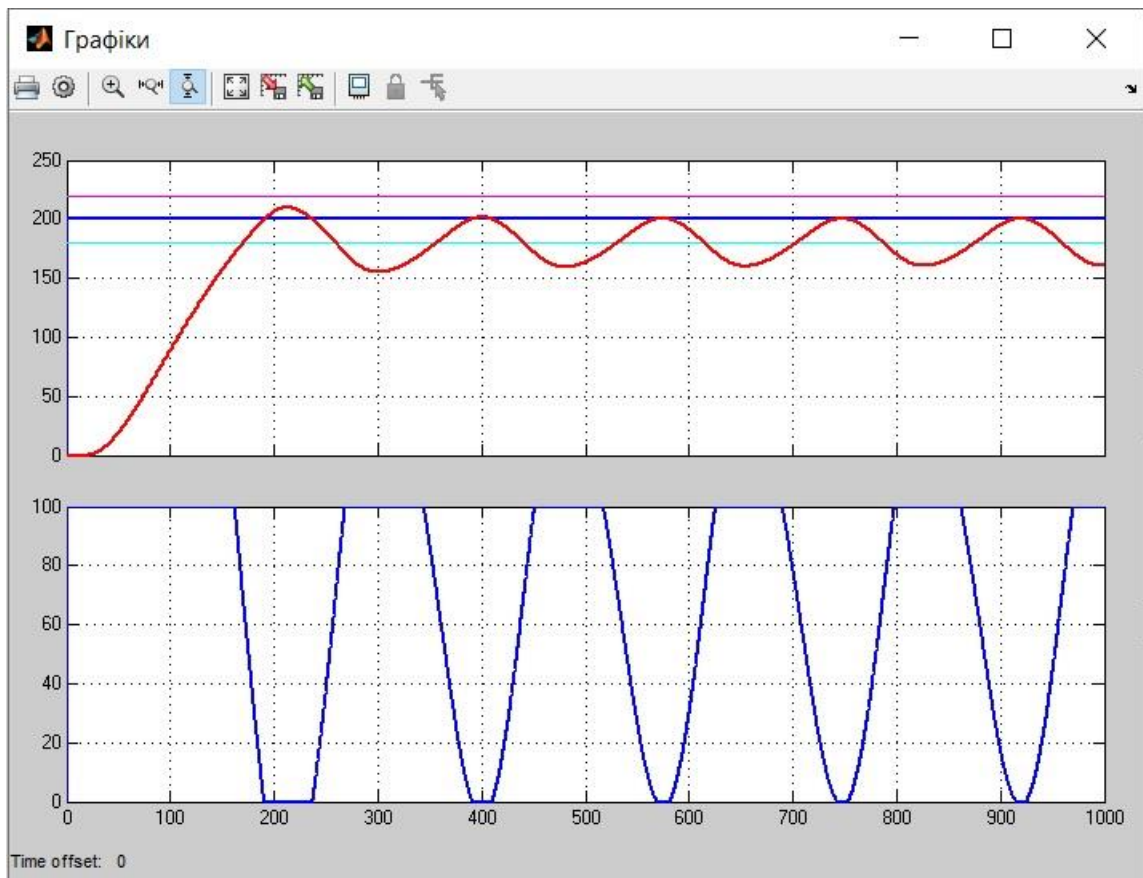


Рисунок 3.3 – Результат моделювання системи керування з Р-регулятором з параметрами, що розраховані за методом Зиглера-Николса

Таблиця 3.2 – Оцінка Р-регулятора відповідно до критеріїв

№	Метод	Час наростання		Час встановлення $T_{0.10}$		Перерегулювання		Інтегральна оцінка
		с	%	с	%	°С	%	
1	Зиглера-Николса	120	-	--	10	10	5	незадовільно

Проаналізувавши результати моделювання системи з використанням Р-регулятора, з параметрами, що розраховані методом Зиглера-Николса можна зробити висновок, що використання Р-регулятора не можливе для системи керування, що проектується у даній роботі, через незатухаючий перехідний процес та велику статичну помилку, що перевищує 10% від значення вихідної

величини. Для подальшого дослідження, проаналізуємо PI-регулятор, який за допомогою інтегруючої складової може компенсувати статичну помилку.

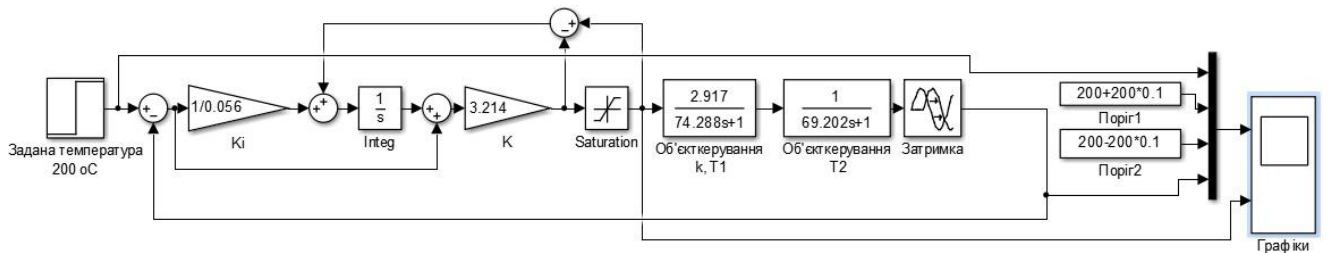


Рисунок 3.4 – Модель системи керування з PI-регулятором за методом Зиглера-Николса

Графік моделювання системи керування з PI -регулятором показано на рис. 3.5.

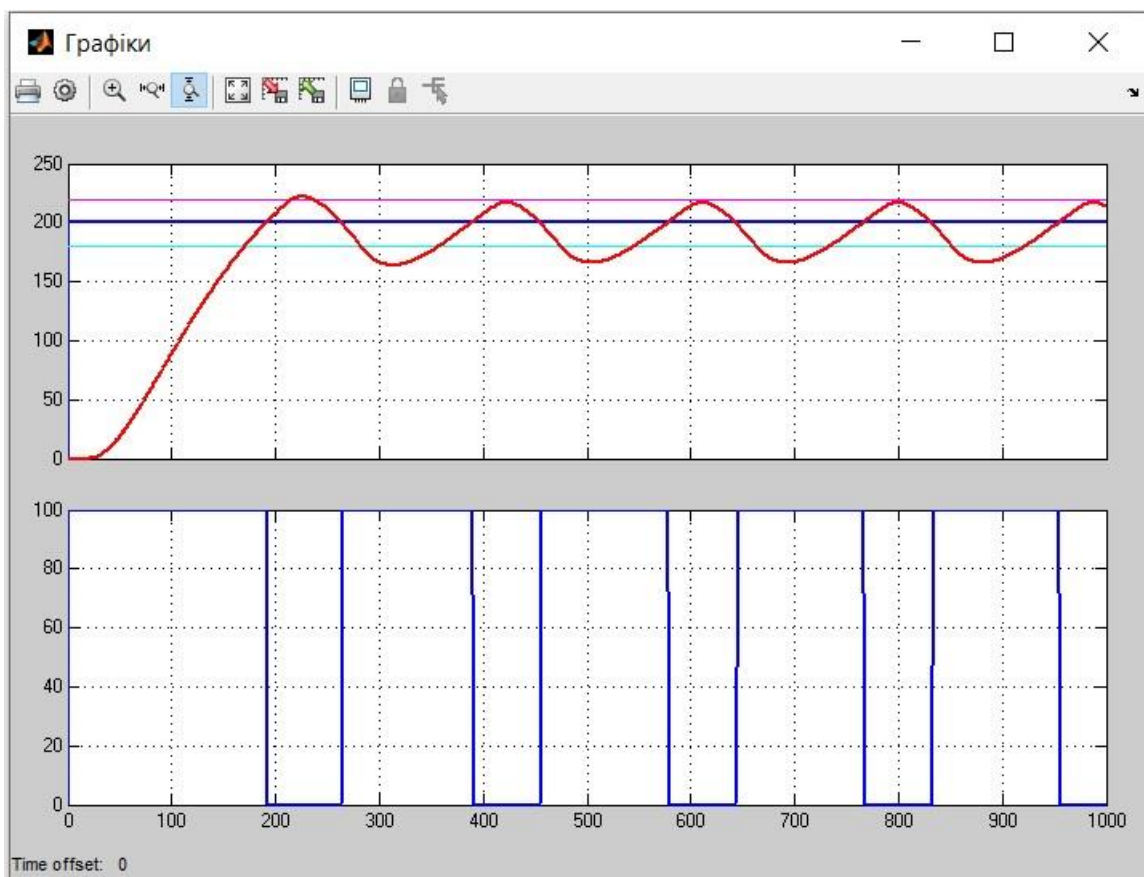


Рисунок 3.5 – Результат моделювання системи керування з PI-регулятором з параметрами, що розраховані за методом Зиглера-Николса

Таблиця 3.3 – Оцінка PI-регулятора відповідно до критеріїв

№	Метод	Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання		Інтегральна оцінка
		с	%	с	%	°C	%	
1	Зиглера-Николса	130		200	10	--	-	незадовільно

Проаналізувавши результати моделювання системи з використанням PI-регулятора, з параметрами, що розраховані методом Зиглера-Николса, можна зробити висновок, що використання PI-регулятора, не відповідає вимогам, оскільки має велике відхилення значення вихідної величини та має незатухаючий перехідний процес. Але, щоб упевнитись, для подальшого дослідження, проаналізуємо PID-регулятор, який за допомогою диференційної складової може компенсувати великі неузгодженості та повільний вихід об'єкт керування на значення уставки.

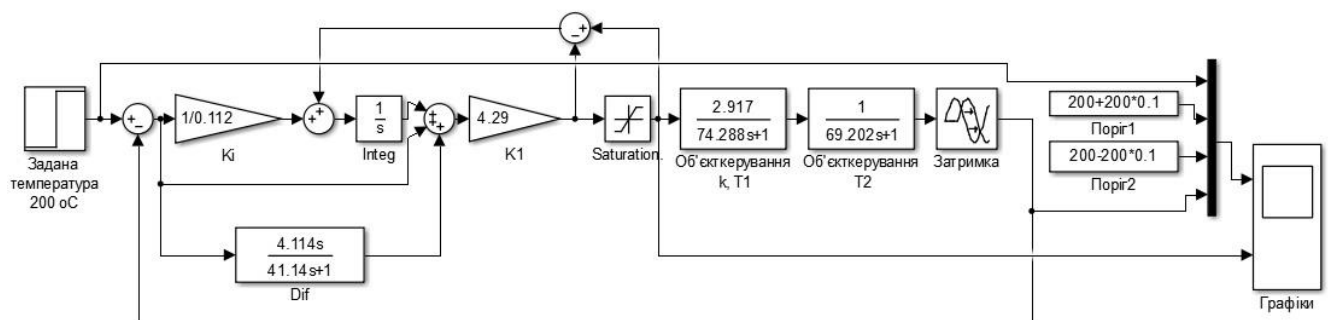


Рисунок 3.6 – Модель системи керування з PID-регулятором за методом Зиглера-Николса

Графік моделювання системи керування з PID -регулятором показано на рис. 3.7.

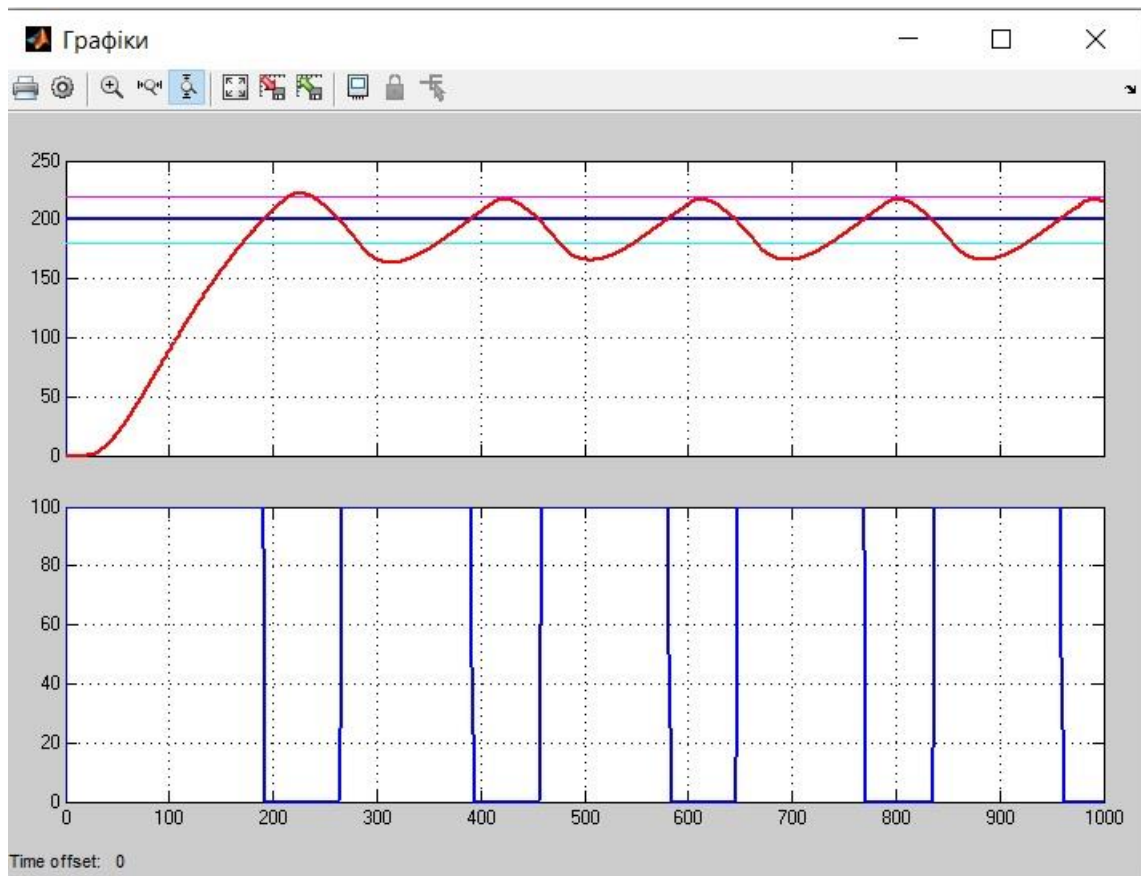


Рисунок 3.7 – Результат моделювання системи керування з PID-регулятором з параметрами, що розраховані за методом Зиглера-Николса

Таблиця 3.4 – Оцінка PID-регулятора відповідно до критеріїв

№	Метод	Час наростання		Час встановлення		Перерегулювання		Інтегральна оцінка
		с	%	с	%	°С	%	
1	Зиглера-Николса	140		200		--	-	незадовільно

Проаналізувавши результати моделювання системи з використанням PID-регулятора, з параметрами, що розраховані методом Зиглера-Николса, можна зробити висновок, що використання PID-регулятора не відповідає вимогам, оскільки має постійне відхилення значення вихідної величини, що перевищує 10%, безперервний коливальний процес. Проте, можемо розрахувати параметри регулятора, аби досягти кращих результатів за допомогою середовища MatlabR2013b.

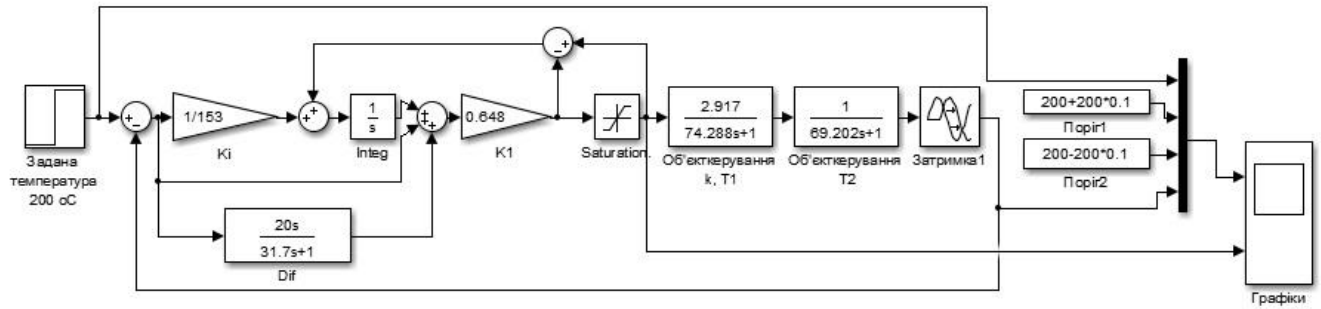


Рисунок 3.8 – Скорегована модель системи с непрерывним регулятором у стандартному вигляді

Графік моделювання скорегованої системи керування з PID-регулятором показано на рис. 3.9.

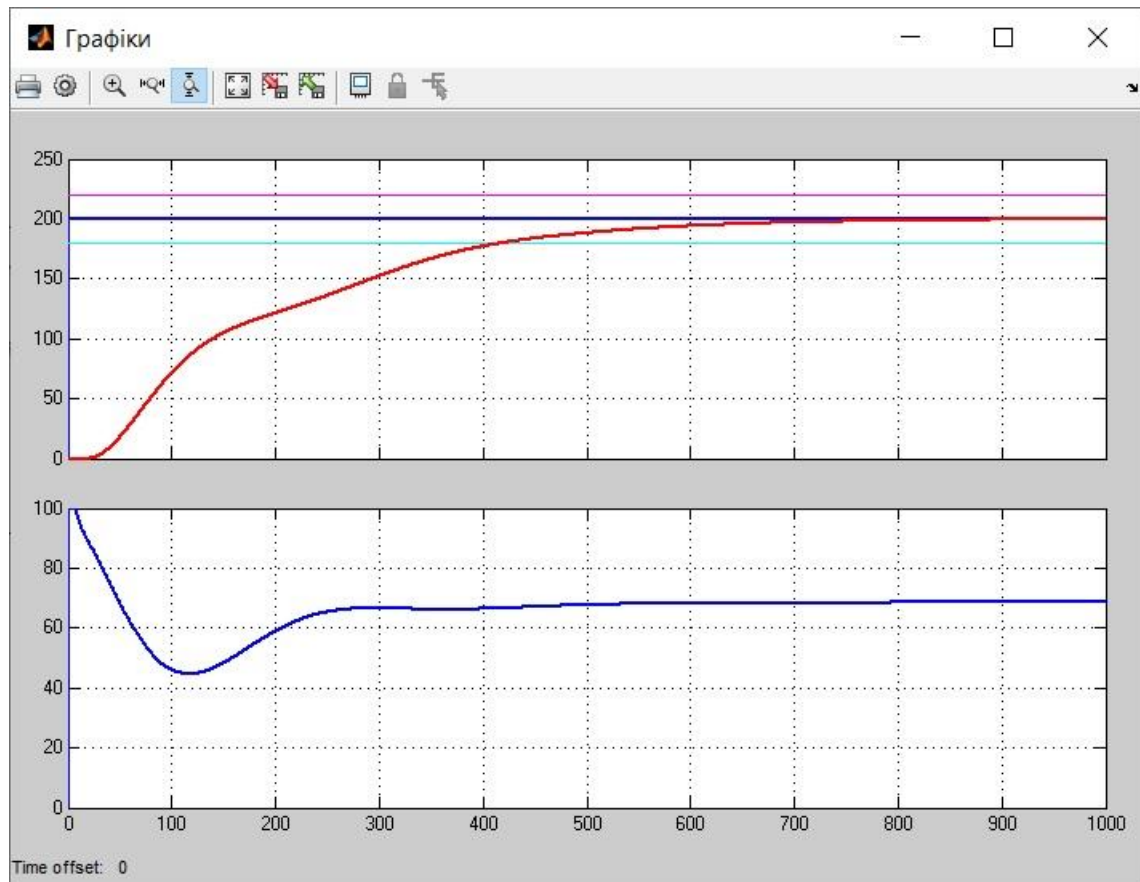


Рисунок 3.9– Результати моделювання скорегованої моделі системи с непрерывним регулятором у стандартному вигляді, коригування проведено за допомогою середовища MatlabR2013b, за допомогою стандартних функцій

Таблиця 3.5 – Оцінка PID-регулятора відповідно до критеріїв

Час наростання		Час встановлення $T_{0.01}$		Перерегулювання		Інтегральна оцінка
с	%	с	%	°C	%	
350		750	1	-	-	відмінно

Як бачимо, скореговані значення регулятора дають кращий результат, тому надалі використовувати будемо PID-регулятор з параметрами:

$$K_p = 0.648, T_i = 153, T_d = 20, T_f = 31.7.$$

3.3 Оцінка якості функціонування системи керування

Остаточний вигляд системи керування представлено на рис. 3.10.

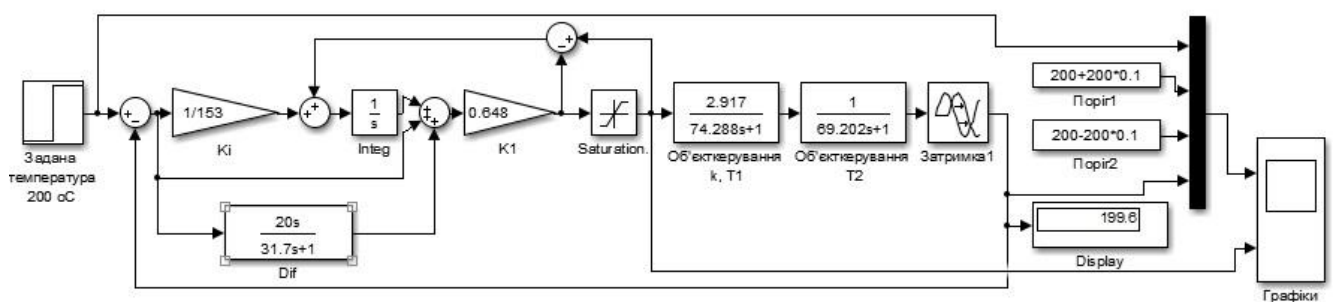


Рисунок 3.10 – Остаточна модель системи керування

Дослідимо роботу системи керування в умовах технологічного процесу, а саме, перевіримо систему на робастність та реакцію на вплив збурення. Під впливом збурення, у технологічному процесу виробництва полімерних труб розуміється неоднорідність матеріалу що надходить в екструдер, нагар або шар теплоізоляційного матеріалу, що з'являється при експлуатації на нагрівальному елементі, коливання температури повітря на протязі року у технологічному приміщенні. Наприклад нагрівальний елемент екструдера у процесі експлуатації може покриватися теплоізоляційним шаром, що є впливом збурення, та потребує додаткової потужності нагрівального елементу для прогріву через цей шар полімерного матеріалу до розм'якшення та плавлення. Наявність цього теплоізоляційного шару потребує більш високої температури нагрівального

елементу. Якщо до екструдеру надходить неоднорідний полімер з іншими плавкими властивостями, наприклад більшою теплопровідністю, або меншим значенням температури плавлення, то нагрівальний елемент потребує меншого часу нагріву до заданої температури і вносить вплив збурення оскільки може знижувати температуру нагрівального елемента, що взаємодіє з полімерним матеріалом. Реальне збурення, на мій погляд, як правило не призводить до миттєвої зміни температури нагрівального елемента на виході системи керування. В данному експерименті не використовується реальний масштаб часу для моделювання системи.

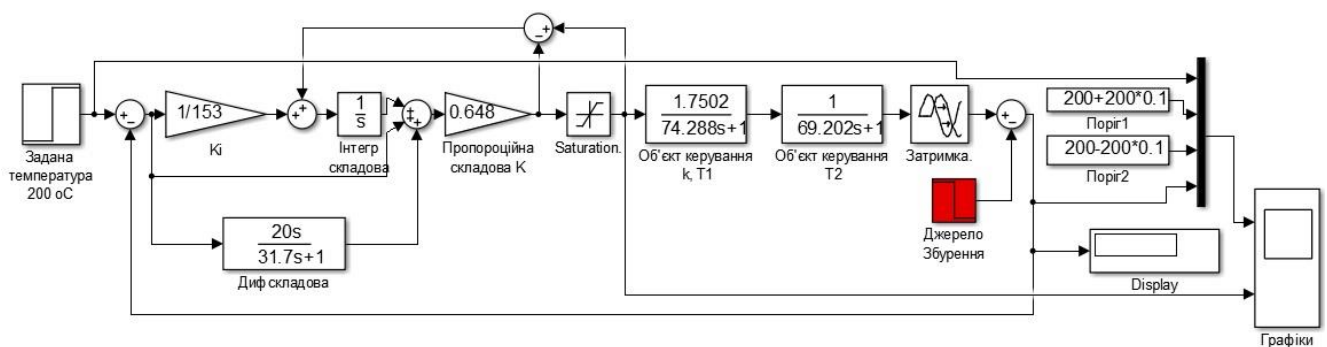


Рисунок 3.11– Модель перевірки системи керування на збурення

Таблиця 3.6 – Оцінка впливу збурення на систему керування $k=2.917$

Значення температури НЕЛ, як вплив збурення, °C	Значення температури НЕЛ на виході системи керування, °C	Значення температури НЕЛ, як вплив збурення, °C	Значення температури НЕЛ на виході системи керування, °C
-5	200	+5	200
-10	200	+10	200
-15	200	+15	200
-20	200	+20	200
-25	200	+25	200
-30	200	+30	200
-35	200	+35	200
-40	200	+40	200
-45	200	+45	200
-50	200	+50	200

При моделюванні до моделі системи керування додали джерело сигналу ступінчатого типу значення якого буде змінюватися та із позитивним або

негативним знаком буде додаватися до вихідного сигналу. Сигнал збурення буде додаватися через 900 с після початку роботи системи керування. При цьому ми будемо стежити за значенням вихідної величини, а точніше за її відхиленням від заданого значення. Критичним буде значення відхилення температури нагрівального елемента (НЕл) екструдера, що взаємодіє з полімерним матеріалом у випадку перевищення більше 20°C . Це значення – поріг перевищення якого псує якість процесу керування екструдером.

Данні таблиці 3.6 у графічному вигляді представлено на рис. 3.12.

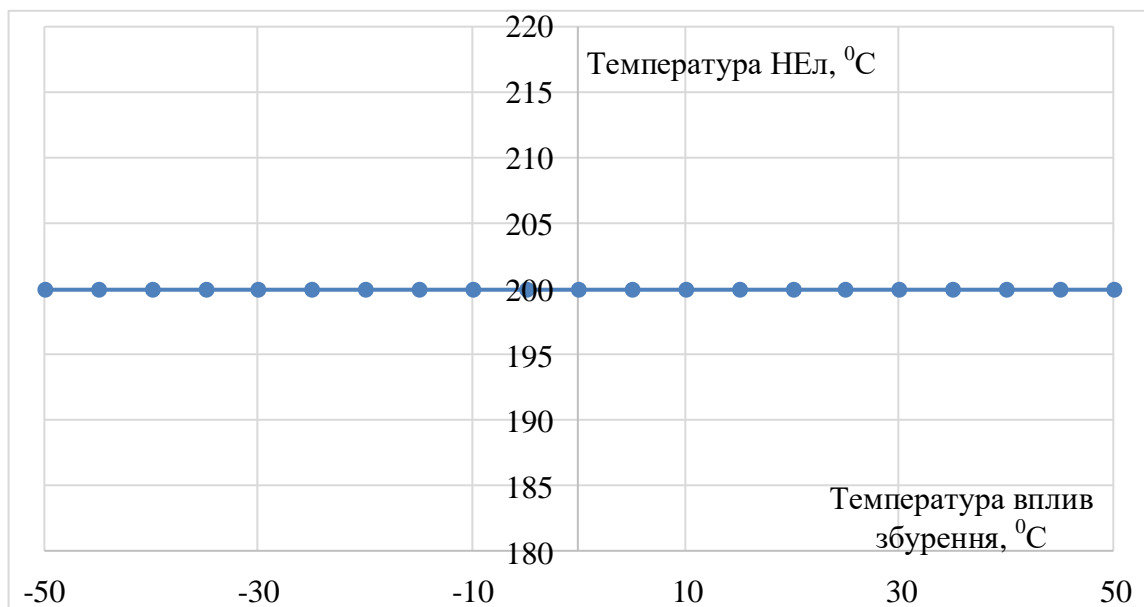


Рисунок 3.12 – Графік перевірки системи керування на збурення $k=2.917$

Діаграми впливу збурення на роботу автоматичної системи керування з негативним та позитивним значенням збурення представлено на рисунку 3.13 та рисунку 3.14.

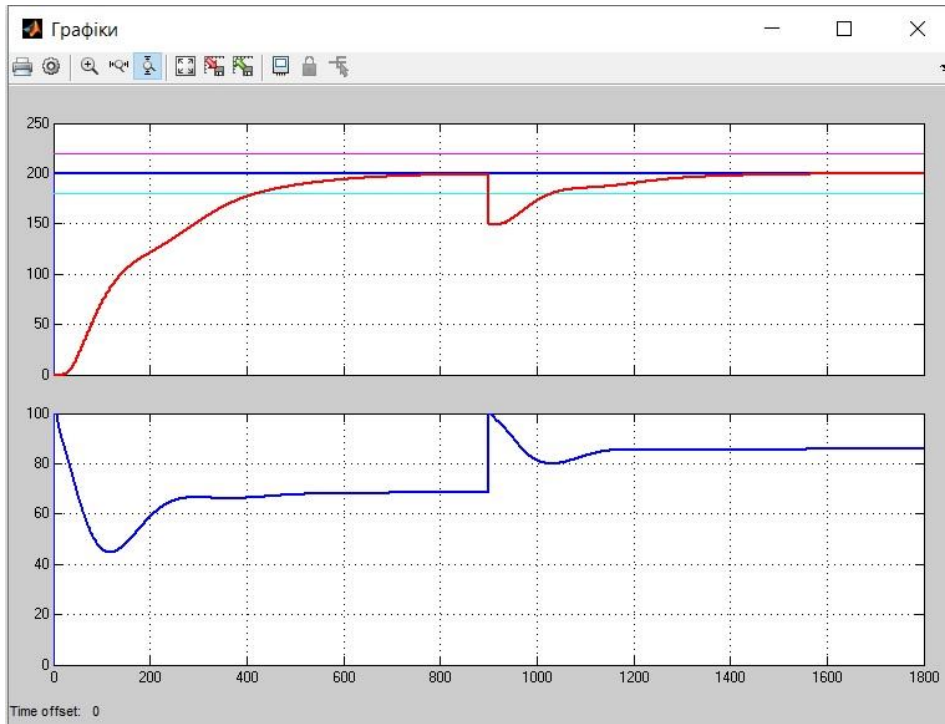


Рисунок 3.13 – Результати моделювання при впливі збурення температури НЕЛ меншої на $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура НЕЛ на виході системи складає $200\text{ }^{\circ}\text{C}$

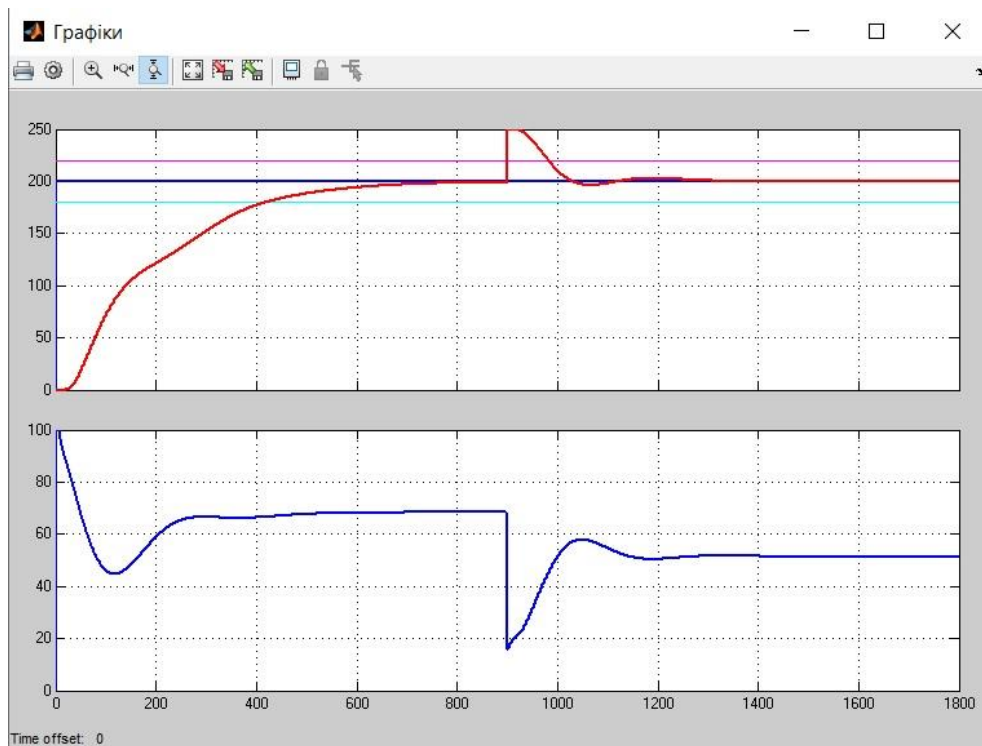


Рисунок 3.14 – Результати моделювання при впливі збурення температури НЕЛ більшої на $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура НЕЛ на виході системи складає $200\text{ }^{\circ}\text{C}$

Аналіз результатів моделювання показує що негативний вплив збурення до значення 50⁰С (рис. 3.11) не впливає на вихідне стає значення температури НЕЛ на виході системи керування. Аналіз позитивного впливу збурення у діапазоні до плюс 50⁰С, ніяк не впливає на вихідне значення системи керування, тобто система керування компенсує негативне та позитивне збурення на вихідне значення (рис. 3.12). Можна вважати, що ми отримали чудову систему керування при обмеженнях. Екструдер дуже складний об'єкт, а ми враховуємо тільки температуру нагрівального елемента та не приймаємо до уваги інші показники якості процесу. Можна вважати що ми досліджуємо складний процес виробництва полімерних труб тільки по одну з багатьох параметрів.

Очевидно, що теплоізоляційний шар нагрівального елемента вимагає більше часу нагріву полімеру, а це значить, що змінюється коефіцієнт об'єкту керування. При такій думці виглядає доцільним провести дослідження відхилення вихідної величини від заданого значення при зміні коефіцієнту об'єкту керування. Оскільки $k=2.917$ це було найбільше значення коефіцієнту об'єкта керування, то будемо знижувати його значення з шагом у 10% звертаючи увагу до значення вихідної величини системи керування. Призначенням цього експерименту буде знайти межеве значення коефіцієнта при якому вихідний параметр відхилиться більше 20⁰С.

Таблиця 3.7 – Оцінка впливу зміни коефіцієнту на систему керування

Значення коефіцієнту об'єкту керування	Значення температури НЕЛ на виході системи керування, ⁰ С
2.917	200
2.6253	200
2.3336	200
2.0419	200
1.7502	175
1.4585	146
1.1668	117

Згідно таблиці побудовано графік зміни параметрів.

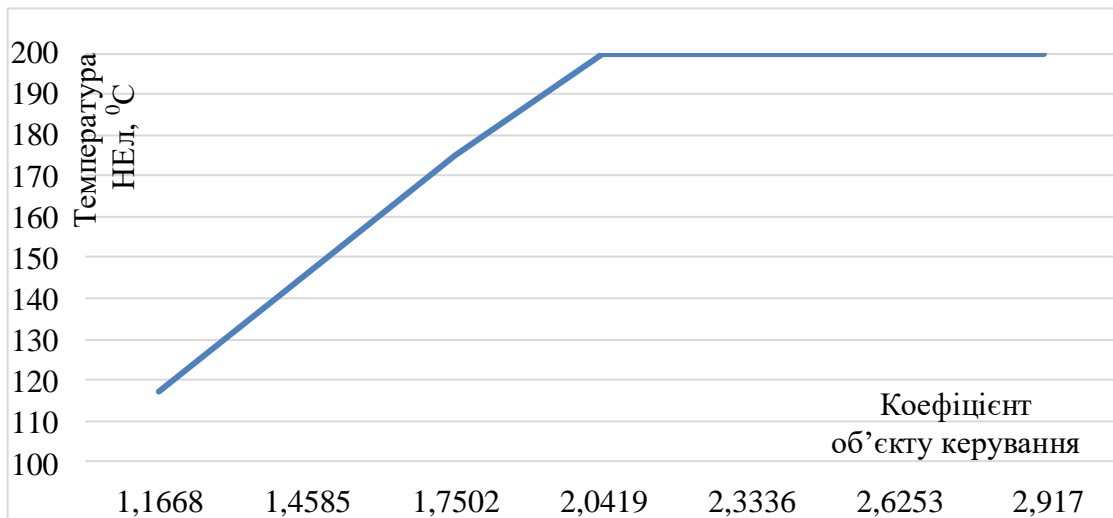


Рисунок 3.15– Графік впливу зміни коефіцієнту на систему керування

Експеримент по дослідженню впливу збурення на вихідний параметр системи зі зниженням коефіцієнту «к» об'єкту керування виконано на моделі системи керування у середовищі MatlabR2013b. Результати представлено у таблицях

Таблиця 3.8 – Оцінка впливу збурення на систему керування $k=2.0419$

Значення температури НЕл, як вплив збурення, °C	Значення температури НЕл на виході системи керування, °C	Значення температури НЕл, як вплив збурення, °C	Значення температури НЕл на виході системи керування, °C
-5	199	+5	200
-10	194	+10	200
-15	189	+15	200
-20	184	+20	200
-25	179	+25	200
-30	174	+30	200
-35	169	+35	200
-40	164	+40	200
-45	159	+45	200
-50	154	+50	200

Таблиця 3.9 – Оцінка впливу збурення на систему керування $k=1.7502$

Значення температури НЕл, як вплив збурення, °С	Значення температури НЕл на виході системи керування, °С	Значення температури НЕл, як вплив збурення, °С	Значення температури НЕл на виході системи керування, °С
-5	170	+5	180
-10	165	+10	185
-15	160	+15	190
-20	155	+20	195
-25	150	+25	200
-30	145	+30	200
-35	140	+35	200
-40	135	+40	200
-45	130	+45	200
-50	125	+50	200

Згідно таблиць побудовано графік зміни параметрів.

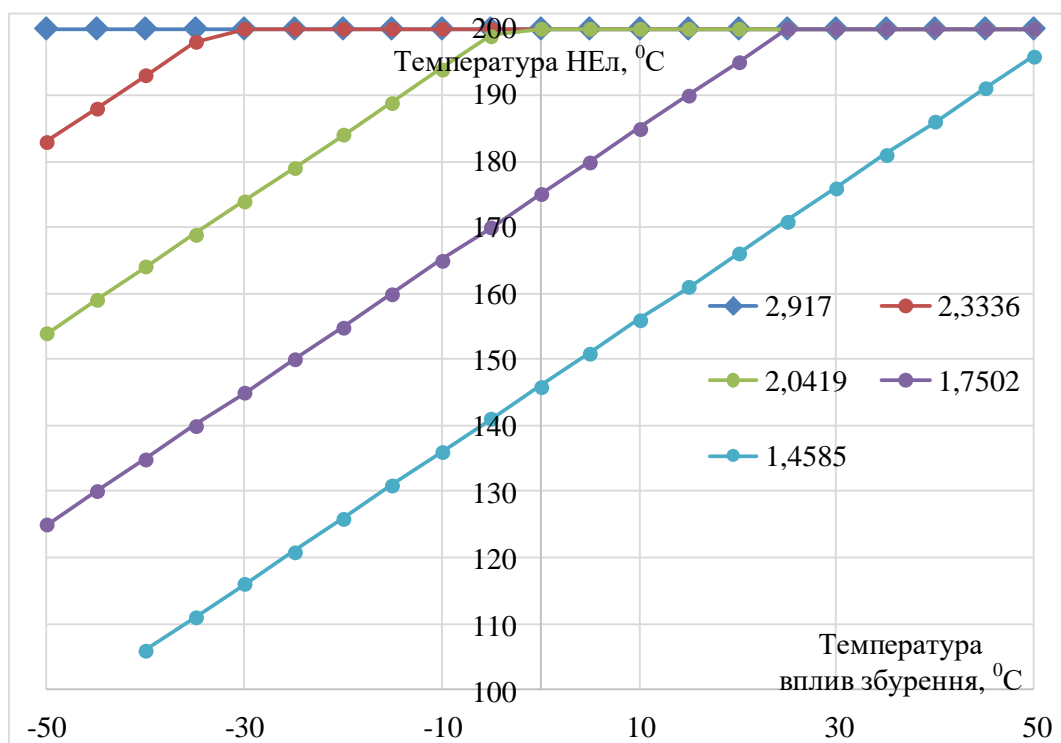


Рисунок 3.16– Графік перевірки системи керування на збурення при різних коефіцієнтах «к» об'єкту керування

Із графіка видно, що зниження коефіцієнту «к» знижує запас стійкості об'єкту керування при впливі збурення негативного значення. Під стійкістю розуміється відновлення значень параметрів системи після впливу збурення.

Що дозволило сформулювати наукове положення: дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив, та залежить від знаку та значення збурення, а стійкість системи керування для протидії збуренню пропорційна коефіцієнту «к» об'єкту керування, та має нижнє межеве значення « $k=2.0419$ ».

Перевірка моделі на робастність була проведена шляхом зміни параметрів об'єкта(рис. 3.12): $K -10\%$, $T+10\%$.

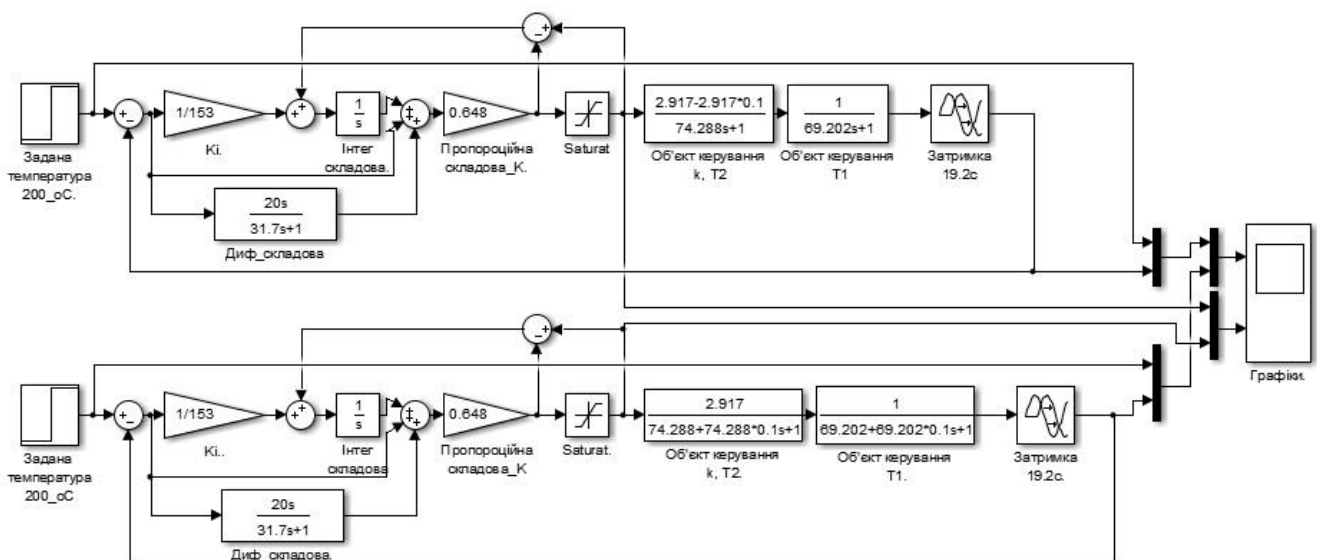


Рисунок 3.17 – Модель перевірки системи керування на робастність

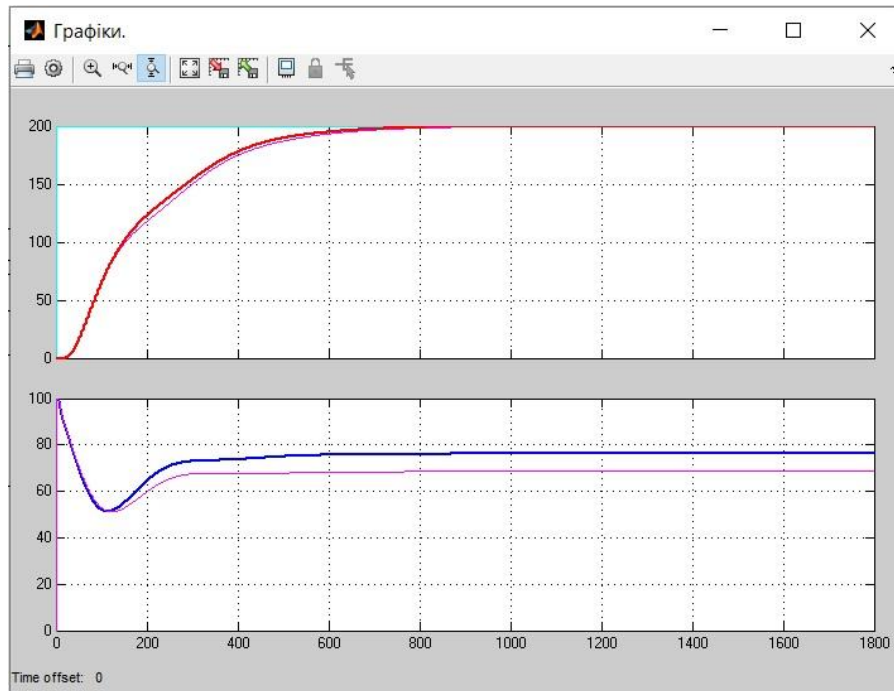


Рисунок 3.18 – Результати моделювання системи керування при перевірці на робастність

Результати показали (рис. 3.18), що навіть при такій зміні параметрів об'єкта регулятор виконує свої функції відповідно до вимог.

3.4 Висновки до розділу

Для системи керування екструдером при виробництві полімерних труб по каналу потужність нагрівального елемента – температура нагрівального елемента, що взаємодіє з полімерним матеріалом після проведеного дослідження передавальної характеристики, було отримано модель системи керування, визначено структуру та параметри регулятора, оцінено роботу системи згідно з висунутими критеріями, визначено допустиму межу зміни коефіцієнту «к» при впливі збурення на вихідний параметр системи керування.

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив, та залежить від знаку та значення збурення. Для об'єкту керування з коефіцієнтом « $k=2.917$ » збурення не критично впливає на вихідний параметр при негативному та позитивному знаку зі значенням до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив, ще більше при зниженні коефіцієнту «к» об'єкту керування. Критичне значення коефіцієнту

«к» сягає $k=2,0419$. Вже при цьому значенні коефіцієнту «к» система керування не має запасу стійкості при впливі негативного збурення на вихідний параметр, що зобов'язує виконати заново розрахунок параметрів регулятора.

Отримані результати дозволяють перейти до експериментального розділу, та розробки людино-машинного інтерфейсу.

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Цифрова модель об'єкта керування

Згідно з завданням необхідно розробити програмне забезпечення системи керування та людино-машинний інтерфейс для SCADA системи zenon Supervisor 7.10. Програмне забезпечення розроблено таким чином, що в якості об'єкта керування використовується програмна модель. Модель системи керування представлена у вигляді двох програмних модулів: модуля регулятора та модуля об'єкта керування.

Для перетворення моделі математичного пакету MATLAB до тексту програми необхідно, щоб усі елементи моделі були цифрові. Таким чином, спочатку виконаємо заміну усіх неперервних елементів моделі системи керування на цифрові. Далі виконаємо поділ моделі на модель регулятора та модель об'єкта керування. Після чого перетворимо цифрові моделі на програмний код для програмних модулів.

Результатом виконання розділу синтезу системи керування є неперервна модель системи керування, яка задовольняє сформульованим критеріям якості. Ця модель представлена на рисунку 4.1.

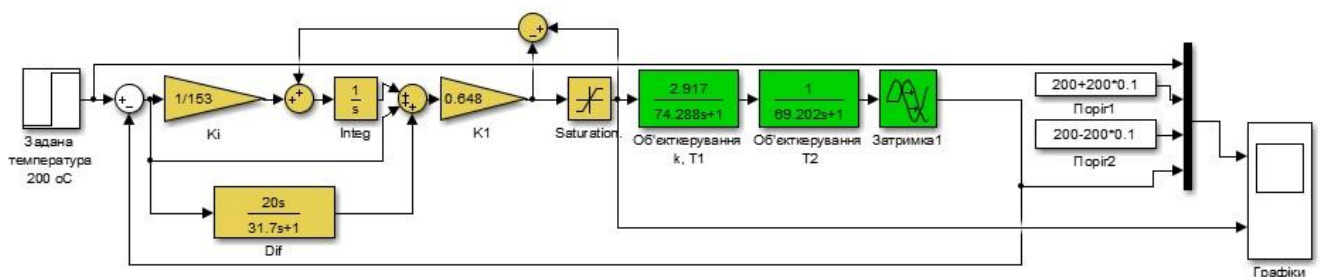


Рисунок 4.1 – Неперервна модель системи керування температурою нагрівального елемента екструдера при виробництві полімерних труб

Для перетворення елементів моделі системи керування в цифрову форму необхідно визначитися з часом дискретизації у системі.

Час дискретизації в першу чергу визначається для реалізації регулятора. Він повинен бути як мінімум в 10 разів менше найбільшої постійної часу об'єкта керування:

$$cycle = T_{max}/10,$$

де T_{max} - найбільша постійна часу об'єкта керування.

Крім того воно повинно бути більше ніж:

$$cycle = T_{max}/200$$

У зв'язку з тим, що стандартний цикл програмованого логічного контролера становить 100 мс, якщо отримане значення часу дискретизації більше 100 мс, для часу дискретизації вибирається значення рівне 1000 мс, що в математичному пакеті MATLAB відповідає значенню "Sample time" 1 с.

Виконаємо перетворення всіх елементи моделі системи керування на цифрові у середовищі MatlabR2013b.

Для об'єкта керування розділимо один об'єкт другого порядку на два об'єкту першого порядку. Для цього знайдемо коріння рівняння:

Перетворення передавальної функції в цифрову форму

```
>> tfz = c2d(tf([2.917], [74.288 1]), 1);
b = [tfz.num{1}(2)];
a = [1, tfz.den{1}(2)];
fprintf('b0 = %0.14f, a0 = %0.14f\n\n', b(1), a(2));
b0 = 0.039002998450483, a0 = -0.986629071494521
```

```
>> tfz = c2d(tf([1], [69.202 1]), 1);
b = [tfz.num{1}(2)];
a = [1, tfz.den{1}(2)];
```

```
fprintf('b0 = %0.14f, a0 = %0.14f\n\n', b(1), a(2));
b0 = 0.014346542766266, a0 = -0.985653457233734
```

Ланка чистого запізнення

```
>> tfz = c2d(tf([1], 'ioDelay', 19.2), 1);
delayLength = tfz.ioDelay;
fprintf('Delay length = %0.3f\n\n', delayLength);
Delay length = 19
```

Для регулятора:

Виконаємо заміну необхідних блоків, з безперервних на цифрові, та розрахуємо параметри для диференційної ланки регулятора.

```
>> c2d(tf([20 1], [31.7 1]), 1)
```

ans =

```
0.630914826498423 z - 0.599861461035657
```

```
-----
z - 0.968946634537234
```

Результатом заміни безперервних елементів моделі системи керування цифровими з відповідним чином розрахованими значеннями параметрами є цифрова модель системи керування на рис.4.2.

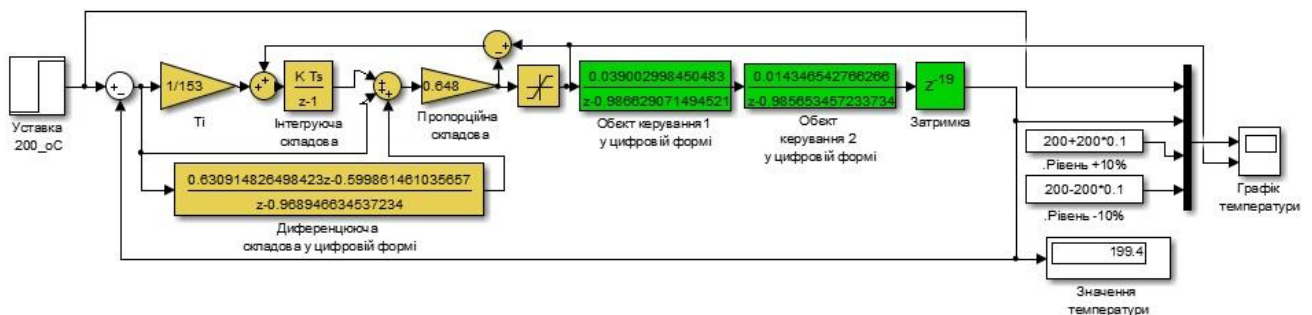


Рисунок 4.2 – Цифрова модель системи керування температурою нагрівального елемента екструдера при виробництві полімерних труб

Оцінка відповідності цифрової моделі системи керування безперервної моделі виконується за нормованим середньоквадратичним відхиленням. Для

оцінки на безпервну і цифрову модель подається уставка і реєструються їх дійсні значення з період відповідним часу дискретизації цифрової моделі. Розбіжність значень вихідних величин після перехідного процесу повинна бути менше 20%.

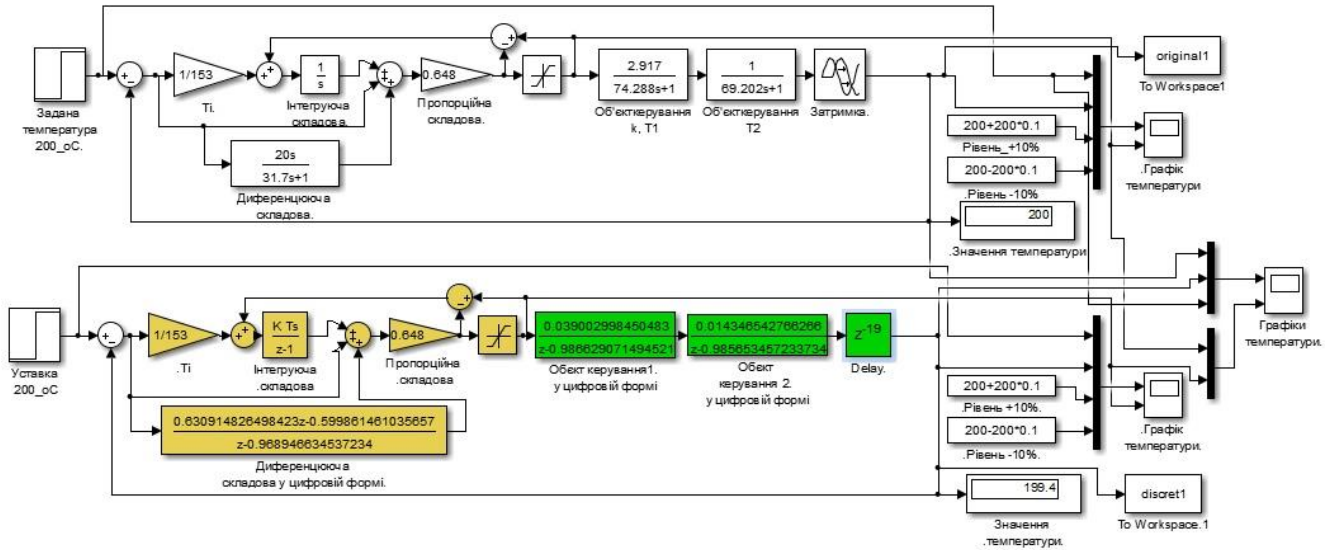


Рисунок 4.3 – Схема моделі порівняння неперервної та цифрової систем керування температурою нагрівального елемента екструдера при виробництві полімерних труб

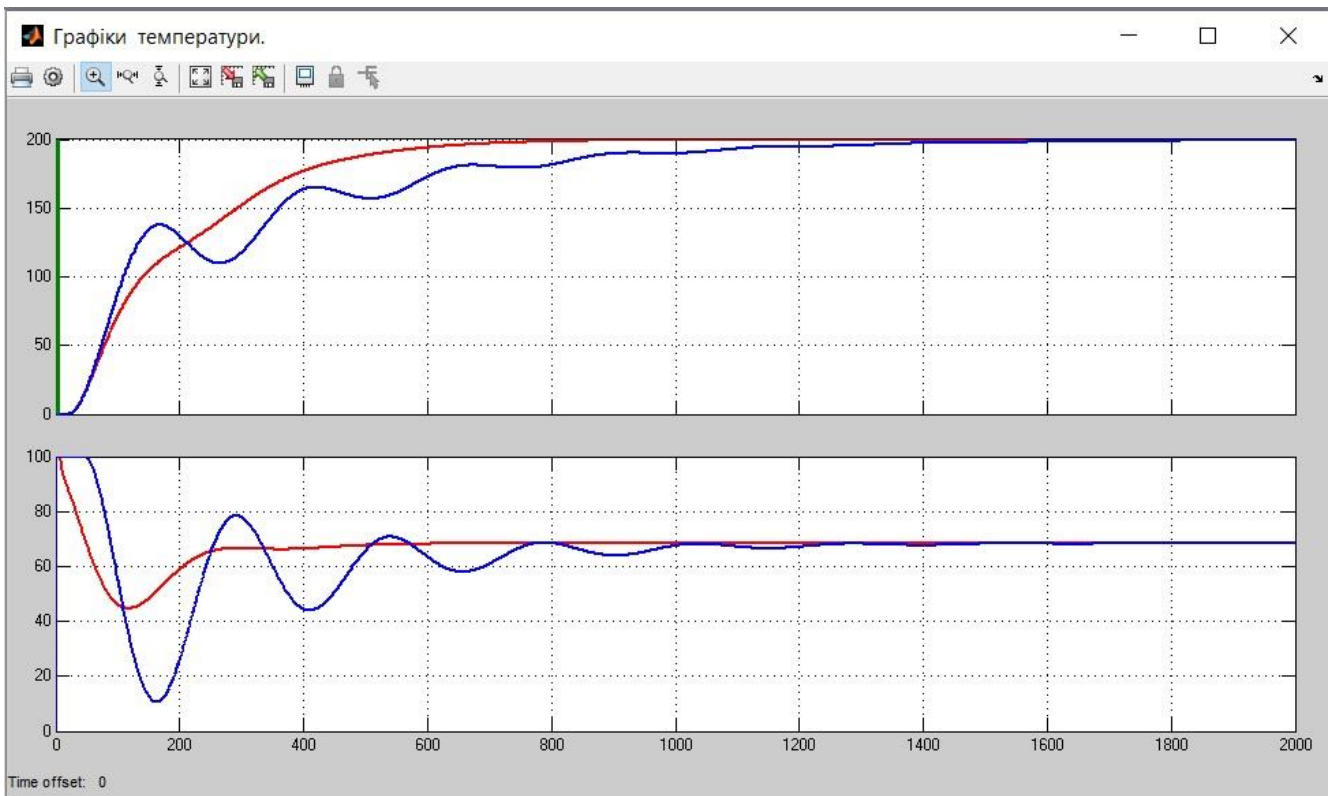


Рисунок 4.4 – Порівняння цифрової моделі з неперервною

Порівняння результатів моделювання безперервної та цифрової моделі виконано за допомогою метода нормованого середньоквадратичного відхилення.

```
>> goodnessOfFit(discret1.Data, original1.Data, 'NRMSE')*100.0
ans =
67.3546
```

Графіки перехідного процесу збігаються на 68 %. Розбіжність вихідних величин після закінчення перехідного процесу відсутня. Таким чином отримана цифрова модель може бути використана за для створення програмного забезпечення системи керування та перевірки його функціонування.

Для подальшої роботи розділимо модель системи на дві підсистеми: Controller та Object – підсистема регулювання та підсистема об'єкта керування відповідно.

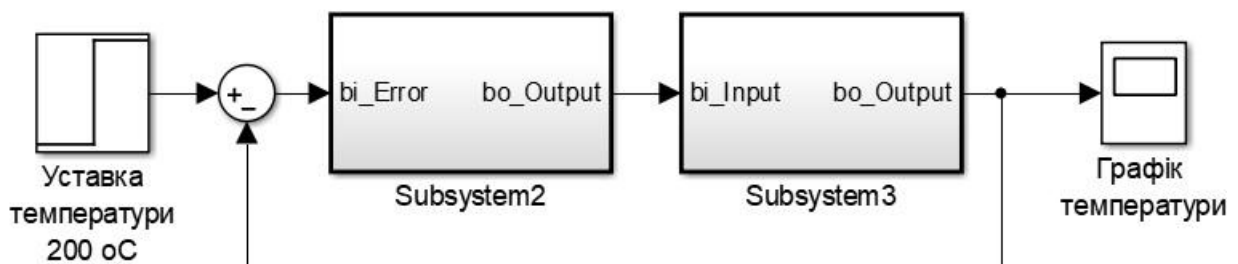


Рисунок 4.5 – Модель системи керування у вигляді двох підсистем

За допомогою стандартного засобу математичного пакету MATLAB блок підсистеми який відповідає регулятору та блок підсистеми який відповідає об'єкту керування були перетворені до програмних модулів (додаток А) на мові стандарту MEK 61131-3 “Structured text”. На базі отриманих модулів подалі буде розроблено програмне забезпечення для SCADA системи zenon.

4.2 Розробка програмного забезпечення системи керування

Розробка програмного забезпечення системи керування виконується в SCADA системі zenon для програмованого логічного контролера zenon Logic.

Програмне забезпечення системи керування буде розроблятися безпосередньо для програмованого логічного контролера zenon Logic входить до складу SCADA системи zenon.

В SCADA системі zenon створимо драйвер пристрою керування “S7TCP32”. Тип драйвера відповідає обладнанню заданої в якості пристрою керування. Сам драйвер переведений в режим програмної симуляції. Час оновлення даних заданий рівним часу дискретизації 1000 мс. Для даного драйвера буде розроблятися програмне забезпечення об'єкта керування.

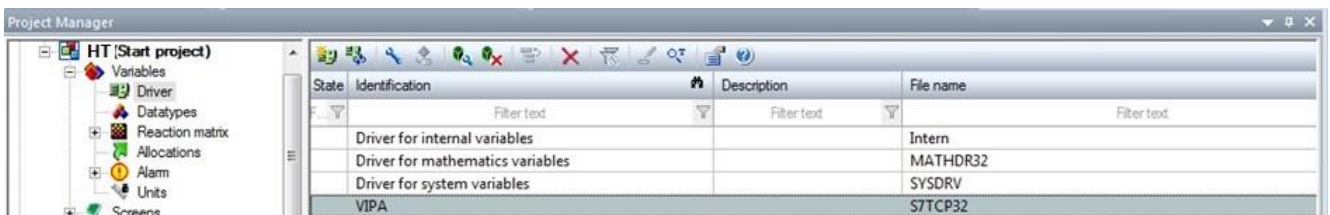


Рисунок 4.6 – Драйвера програмованого логічного контролеру

Програмне забезпечення об'єкта керування буде функціонувати на програмному програмованому логічному контролері zenon Logic який в режимі симуляції буде реалізувати програмований логічний контролер VIPA та об'єкт керування.

На базі отриманого тексту програми з математичного пакету MATLAB розроблено користувацький функціональний блок “Object”. Текст програми якого розроблено на мові програмування Structured Text (додаток Б). Виклик функціонального блока “I_Object” виконується в тілі основної програми, яка наведена на рисунку 4.7.

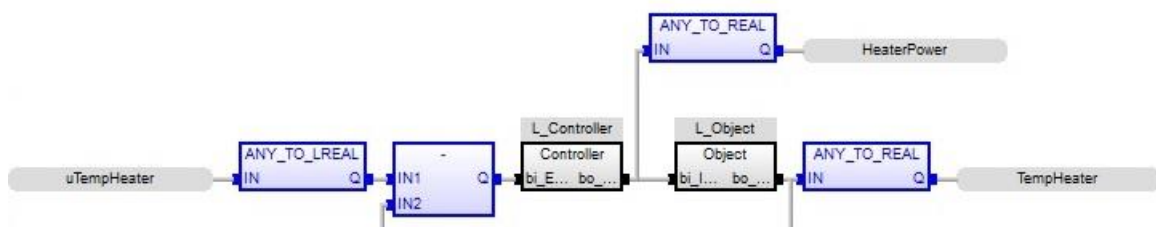


Рисунок 4.7 – Основна програма системи керування

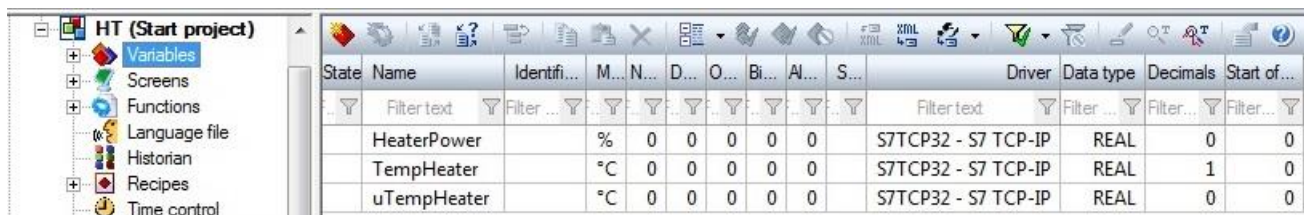
На вхід блока об'єкта керування задається дійсне значення потужності нагрівального елемента “HeaterPower”. З виходу блока дійсне значення

записується до змінної температура нагрівального елемента “TempHeater”. Змінні “HeaterPower” та “TempHeater” є глобальними та належать SCADA системі zenon.

На базі отриманого тексту програми з математичного пакету MATLAB розроблено користувацький функціональний блок “Controller”, текст програми якого написано на мові програмування Structured text, яка наведена у додатку Б.

На вхід блока “Controller” подається значення похибки системи керування яке обчислюється як різниця між уставкою “uTempHeater” та дійсним значенням “TempHeater”. На виході блока “Controller” формується керуючий вплив, значення якого копіюється до змінної “HeaterPower” (керуючий вплив – потужність нагрівального елемента 0...100 %).

Відповідно до завдання програмне забезпечення контролера повинно функціонувати в SCADA системі zenon на програмному програмованому логічному контролері zenon Logic. Для цього в SCADA системі системі zenon додано відповідний проект zenon Logic “HT”. Для зв’язку з SCADA системою додані змінні які наведені на рисунку 4.8.



State	Name	Identifi...	M...	N...	D...	O...	Bi...	Ai...	S...	Driver	Data type	Decimals	Start of...
	HeaterPower		%	0	0	0	0	0	0	S7TCP32 - S7 TCP-IP	REAL	0	0
	TempHeater		°C	0	0	0	0	0	0	S7TCP32 - S7 TCP-IP	REAL	1	0
	uTempHeater		°C	0	0	0	0	0	0	S7TCP32 - S7 TCP-IP	REAL	0	0

Рисунок 4.8 – Змінні програмованого логічного контролеру

4.3 Розробка програмного забезпечення людино-машинного інтерфейса

Програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу (додаток В) має декілька вікон: технологічний процес, діаграма процесу, хронологічний список подій та інформаційний список тривоги. Виходячи з того, що людино-машинний інтерфейс повинен відображати декілька зображень, то він повинен складатися з двох шаблонів на одному з котрих повинні відображатися кнопки переключення зображення, а на іншому самі зображення.

На основному зображенні будуть відображатися інформація про технологічний процес, зміну температури нагрівального елемента екструдера, хронологічний список подій та інформаційний список тривог. Допоміжний шаблон “ButtonScreen” буде використаний для розробки вікна з кнопками зміни основного зображення.

У вікні зображення, що створене на основі шаблону “ButtonScreen” розміщені часи, дата, кнопки зображені “Діаграма процесу”, “Технологічна схема”, “Список тривог”, “Хронологія подій”. Крім того на ньому знаходяться кнопка “Перезавантажити” яка відповідає за оновлення людино-машинного інтерфейсу у випадку його перезавантаження та кнопка “Вихід” яка закриває людино-машинний інтерфейс.

Відповідно до завдання було розроблено технологічне зображення екструдера, що наведено на рисунку 4.9.

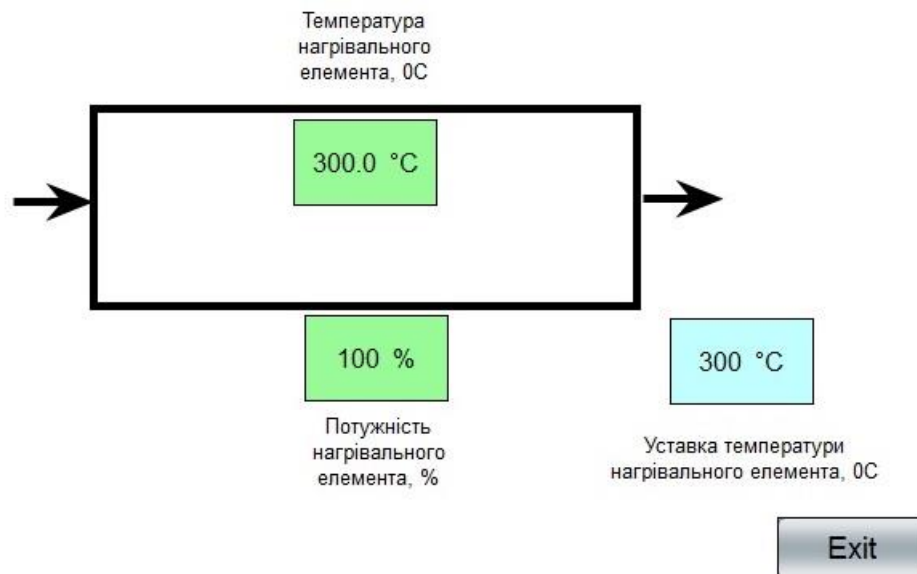


Рисунок 4.9 – Технологічне зображення

На технологічному зображенні вказане основне обладнання процесу.

За для контролю зміни температури нагрівального елемента екструдера розроблено відповідне зображення яке наведено на рисунку 4.10. На зображенні за допомогою розширеного тренду відображається зміна потужності нагрівального елемента, зміна температури нагрівального елемента екструдера.

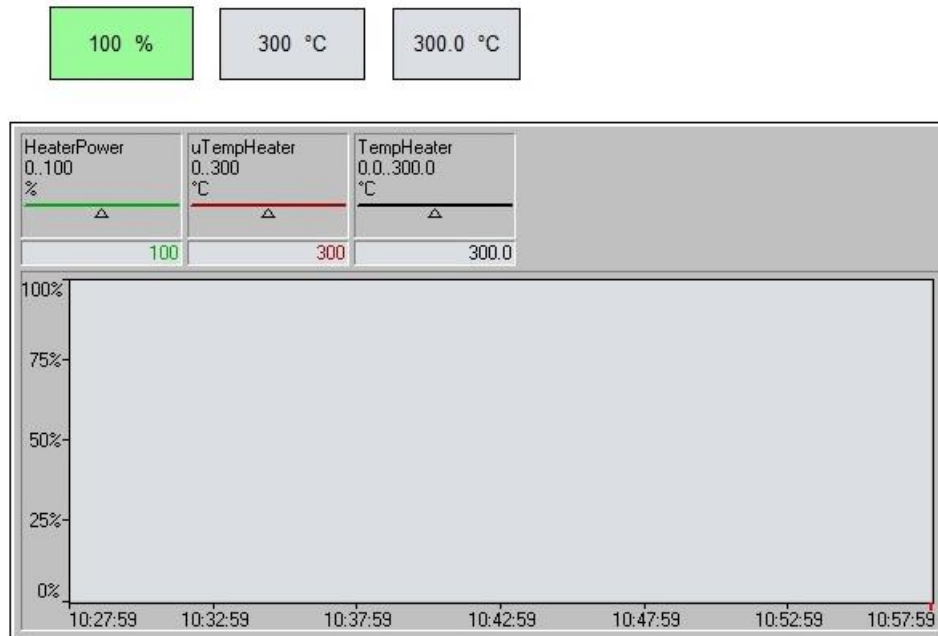


Рисунок 4.10 – Зображення тренду зміни температури

За для відображення списку подій використано зображення типу “Chronologic event list”. Відповідно до вимог в хронологічному списку подій записується інформація про зміни температури нагрівального елемента екструдера. Розроблене зображення наведено на рисунку 4.11

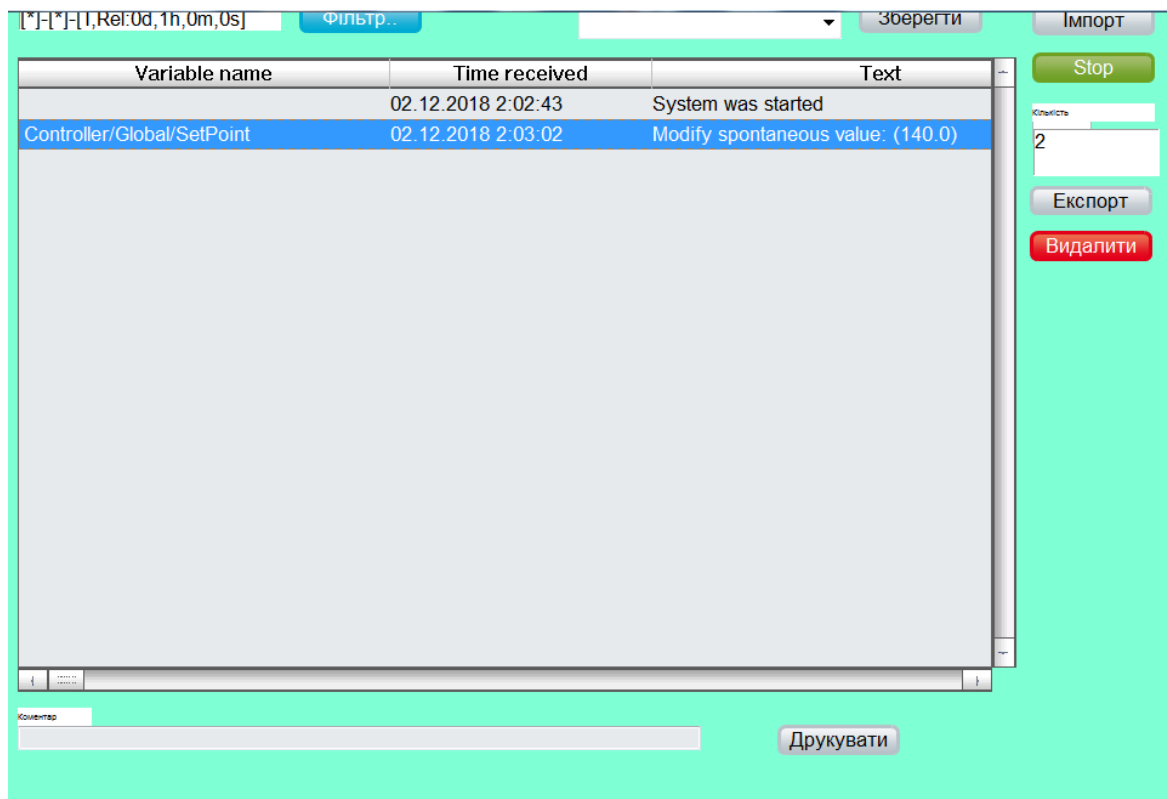


Рисунок 4.11 – Зображення хронологічного списку подій

На зображенні хронологічного списку подій відображаються події які виникають під час роботи системи керування зміною температури.

За для відображення списку тривог використано зображення типа “Alarm message list”. Відповідно до вимог в інформаційному списку тривог записується інформація про досягнення кінцевих точок процесу. Розроблене зображення інформаційного списку тривог наведено на рисунку 4.12.

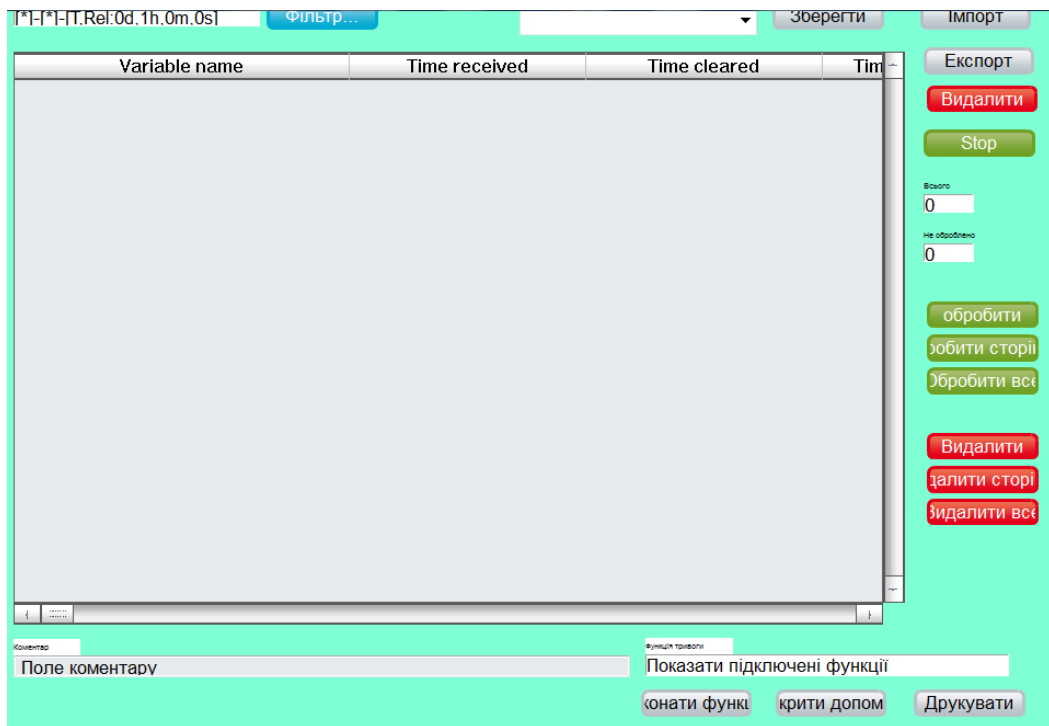


Рисунок 4.12 – Зображення інформаційного списку тривог

4.4 Перевірка функціонування програмного забезпечення

Перевірка функціонування програмного забезпечення виконувалася в режимі симуляції (рис. 4.13). Замість програмованого логічного контролера використовувався програмний програмований логічний контролер з моделлю об'єкта керування.



Рисунок 4.13 – Зображення моніторингу зміни температури нагрівального елемента екструдера

В процесі перевірки було встановлено, що симуляція системи керування екструдером у середовищі Zenon виконується відповідно до моделі системи керування у Matlab.

Тренди відображають правильну інформацію про зміну температури (рис 4.13). Форма кривої співпадає з зображенням на рисунку 4.4.

4.5 Висновки по розділу

На базі безперервної моделі системи керування розроблена цифрова модель системи керування. З моделі відокремлені модель об'єкта керування та модель регулятора. За допомогою стандартних засобів математичного пакета MATLAB отримані програмні модулі, які реалізують об'єкт керування та регулятор на мові програмування Structured Text.

На базі програмних модулів розроблено програмне забезпечення системи керування для програмованого логічного контролера Zenon Logic який входить до складу SCADA системи Zenon. В SCADA системі Zenon розроблено людино машинний інтерфейс, який містить відображення інформації про технологічний процес, зміну температури, хронологічний список подій та інформаційний список тривоги.

Виконано перевірку функціонування програмного забезпечення.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Розрахунок капітальних інвестицій

У кваліфікаційній роботі розробляється система керування екструдером при виробництві полімерних труб. Дані про капітальні витрати на устаткування наведені у табл. 5.1.

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мн} \quad (5.1)$$

де $K_{об}$ – витрати на придбання устаткування,

$K_{тр}$ – витрати на транспортування;

$K_{мн}$ – монтаж і налагодження системи.

Таблиця 5.1 - Капітальні витрати

№	Найменування витрат	Кількість	Вартість за одиницю, грн	Загальна вартість, грн
1	Термоперетворювач ОВЕН ДТС035М-100П.0,5.60.И[4]	1	806,00	806
2	Регулятор потужності	3	2 250,00	6 750
3	Блок CPU VIPA 200. VIPA 214-2BE03	1	12 787,20	12 787,2
4	Модуль аналог вхід/вихід сигналів VIPA 234-1BD50	1	9 114,40	9 114,4
5	Джерело живлення SPD24301	2	1 810,31	3 620,62
Усього				33 078,22

Вартість монтажна-налагоджувальних робіт приймається за договірними розцінками на монтаж і налагодження електротехнічного устаткування, що приблизно становить 8...10 % від вартості устаткування. Оскільки обладнання має високу ціну, тому його налагодження дуже важливе, приймаємо вартість монтажна-налагоджувальних робіт на рівні 10 % від вартості устаткування:

$$K_{мн} = Q_y * 0,1, \text{ грн.} \quad (5.2)$$

де Q_y – вартість устаткування

$$K_{мн} = 33\,078,22 * 0,1 = 3\,307,82 \text{ грн.}$$

Транспортно-заготівельні витрати за спрощеним методом визначаються у відсотках від вартості устаткуванням, виробів, матеріалів (5...7 %) або за

фактичними витратами. Затверджуємо транспортно-заготівельні витрати на рівні 7 % від вартості устаткування.

$$K_{\text{тр}} = Q_{\text{у}} * 0,07 \quad (5.3)$$

$$K_{\text{тр}} = 33\,078,22 * 0,07 = 2\,315,46 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати складуть:

$$K = 33\,078,22 + 3\,307,82 + 2\,315,46 = 38\,701,5 \text{ грн.}$$

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Транспортно-заготівельні витрати за спрощеним методом визначаються До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню та енергомережам відносяться:

- амортизаційні відрахування (C_a);
- заробітна плата обслуговуючого персоналу ($C_з$);
- єдиний соціальний внесок (C_c);
- витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт устаткування та електромереж ($C_{\text{пр}}$);
- вартість витраченої електроенергії (C_e);
- інші витрати ($C_{\text{ін}}$).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати будуть складати:

$$C = C_a + C_з + C_c + C_{\text{пр}} + C_e + C_{\text{ін}}, \text{ грн.} \quad (5.4)$$

5.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Обладнання, яке використовується у даному проекті належить до 4 групи за нормами нарахування амортизації основних фондів. Термін експлуатації такого обладнання складає 5 років.

При використанні методу прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації буде визначатися за формулою:

$$H_a = (2/T) \cdot 100\%, \quad (5.5)$$

де H_a - норма амортизації, T — термін корисного використання обладнання.

5.2.3 Розрахунок єдиного соціального внеску

Відрахування на соціальні заходи складуть:

$$C_c = 0,22 * C_3 \quad (5.8)$$

$$C_c = 0,22 * 441\,324 = 97\,091,28 \text{ грн}$$

5.2.4 Розрахунок річних витрат на поточний ремонт та технічне обслуговування

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі приймаємо на рівні 5 % від величини капітальних витрат:

$$C_{p.o.} = 0,05 * K_{ПР}, \quad (5.9)$$

та складають:

$$C_{p.o.} = 0,05 * 33\,078,22 = 1\,653,91 \text{ грн}$$

5.2.5 Розрахунок вартості електроенергії

Система працює неперервно упродовж року.

Вартість електроенергії, споживаної системою керування визначається як:

$$C_{ee} = K_e \cdot K_{др} \cdot ds \cdot T, \quad (5.10)$$

де K_e - кількість електроенергії, спожитої системою керування за годину (0,1 кВт·год);

$K_{др}$ – кількість робочих днів у році (365 день);

ds – тривалість зміни (24 годин);

T – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 5,50849 грн. за кВт з ПДВ).

Виходячи з технічних характеристик, споживання електроенергії становить 0,6 кВт.

$$C_{ee} = 0,6 * 365 * 24 * 5,50849 = 0,6 * 365 * 24 * 28\,952,62 \text{ грн.}$$

5.2.6 Визначення інших витрат

Інші витрати з експлуатації системи включають витрати з охорони праці, витрати на спецодяг та інше. Згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{інш}} = 0,04 * C_3, \quad (5.11)$$

та складають:

$$C_{\text{інш}} = 0,04 * 441\,324 = 17\,652,96 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати за рік наведені у табл. 5.3.

Таблиця 5.3 — Вартість експлуатаційних витрат за рік

№	Найменування показника	Показник
1	Амортизація	15 480,6
2	Фонд заробітної плати	441 324
3	Відрахування на соц. виплати	97 091,28
4	Ремонт і тех. обслуговування	1 653,91
5	Електроенергія	28 952,62
6	Інші	17 652,96
	Разом	602 155,37

5.3 Визначення річної економії від впровадження об'єкта проектування

Річна економія від впровадження системи керування підрозділяється на пряму і непряму в залежності від факторів, що її визначають, та розраховується за формулою:

$$\epsilon_r = \epsilon_{\text{п}} + \epsilon_{\text{к}}, \quad (5.12)$$

де $\epsilon_{\text{п}}$ – підсумкова пряма економія, грн.;

$\epsilon_{\text{к}}$ – підсумкова непряма економія, грн.

Повна річна економія від впровадження об'єкту керування визначається з урахуванням експлуатаційних витрат:

$$\epsilon_{\text{пол}} = \epsilon_r - C_e, \quad (5.13)$$

де ϵ_r – річна економія, грн.;

C_e – експлуатаційні витрати, грн.

Визначимо річну економію та повну річну економію при впровадженні системи керування.

5.3.1 Визначення прямої та непрямой економії від впровадження об'єкта керування

Пряма економія пов'язана з зниженням втрат активної електроенергії в системі електропостачання:

$$\epsilon_{\text{п}} = \Delta W \cdot \text{Ц}_{\text{е}} , \text{ грн.} \quad (5.14)$$

де ΔW – річна економія електроенергії в результаті впровадження об'єкту керування, кВт*год.;

$\text{Ц}_{\text{е}}$ – тариф на електроенергію, грн. (5,5849 грн * кВт*год., з ПДВ).

Непряма економія пов'язана зі зниженням втрат заробітної плати від проведення понаднормових робіт у зв'язку з специфікою роботи (час простою має бути відшкодований у вигляді понаднормових робіт з підвищеною оплатою):

$$\epsilon_{\text{к}} = \text{C}_{\text{з}} \times \Delta t_{\text{про}} / T_{\text{р}} \times \beta_{\text{су}} , \quad (5.15)$$

де $\text{C}_{\text{з}}$ – заробітна плата обслуговуючого персоналу (441 324 грн);

$\Delta t_{\text{про}}$ – різниця часу простою до та після впровадження (1 200 год);

$T_{\text{р}}$ – понаднормовий час робіт (1 500 год);

$\beta_{\text{су}}$ – коефіцієнт, що враховує підвищення оплати за понаднормовий час ($\beta_{\text{су}} = 1,625$).

Тому вона дорівнює:

$$\epsilon_{\text{к}} = 441\,324 \cdot 1\,200 / 1\,500 / 1,625 = 217\,267,2 \text{ грн.}$$

5.3.2 Визначення річної економії електроенергії від впровадження об'єкта керування

$$\Delta W = \text{C}_{\text{е1}} - \text{C}_{\text{е}} , \quad (5.16)$$

де $\text{C}_{\text{е}}$ – річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи керування;

$\text{C}_{\text{е1}}$ – річні поточні витрати, до застосування системи керування.

Річні експлуатаційні витрати до застосування системи керування розраховуються за формулою:

$$C_{e1} = C_{a1} + C_3 + C_c + C_{p.o.1} + C_{ee1} + C_{інш}. \quad (5.17)$$

де C_{e1} - річні поточні витрати, до застосування системи керування;

C_{a1} - амортизація основних фондів;

C_3 - заробітна плата обслуговуючого персоналу;

C_c - відрахування на соціальні заходи;

$C_{p.o.1}$ - витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт до впровадження нової системи;

C_{ee1} - вартість електроенергії до системи керування;

$C_{інш}$ - інші витрати.

Визначимо експлуатаційні витрати до впровадженні системи керування.

Обладнання використане до розробки системи керування належить до 4 групи за нормами нарахування амортизації основних фондів. Передбачений термін експлуатації обладнання становить 5 років. При використанні прискореного зменшення залишкової вартості норма амортизації визнається як: =

$$H_a = (2/T) * 100\%, \quad (5.18)$$

де H_a - норма амортизації;

T - термін корисного використання об'єкту.

Норма автоматизації для розроблюваної системи керування складає:

$$H_a = (2/5) * 100\% = 40 \%$$

У свою чергу амортизація основних фондів:

$$C_{a1} = (K_{пр1} * H_a) / 100\%, \quad (5.19)$$

де C_{a1} - амортизація основних фондів (річна);

$K_{пр1}$ - первинна вартість обладнання, яка дорівнює капітальним витратам 177 709,32 грн.

Таким чином сума амортизації до впровадження системи керування становить:

$$C_{a1} = 177\,709.32 * 0,4 = 71\,083.27 \text{ грн.}$$

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника з впровадженням нової системи керування залишається не змінним і складає:

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

Для керування технологічним процесом до впровадження системи керування задіяні 2 оператори ЕОМ та 1 спеціаліст з електроустаткування.

Річний фонд заробітної плати виробничих робітників дорівнює:

$$C_3 = 441\,324 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні заходи складають:

$$C_c = 0,22 * 441\,324 = 97\,091,28 \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт обладнання та мережі приймаємо на рівні 5 % від величини капітальних витрат до впровадження системи керування:

$$C_{p.o.1} = 0,05 * K_{\text{ПР1}}, \quad (5.20)$$

та складають:

$$C_{p.o.1} = 0,05 * 441\,324 = 1\,653,91 \text{ грн.}$$

Вартість електроенергії, споживаної до розробки системи керування визначається як:

$$C_{ee1} = K_{e1} \cdot K_{\text{др}} \cdot ds \cdot T, \quad (5.21)$$

де K_{e1} – кількість електроенергії, спожитої до системи керування (0.6 кВт·год);

$K_{\text{др}}$ – кількість робочих днів у році (365 день);

ds – тривалість зміни (24 годин);

T – тариф на електроенергію для підприємств (для користувачів електроенергії 2 класу тариф складає 5,5849 грн * кВт*г., з ПДВ).

Таким чином витрати на електроенергію до розробки системи керування:

$$C_{ee1} = 0,6 * 365 * 24 * 5,5849 = 29\,354,23 \text{ грн.}$$

Інші витрати з експлуатації до розробки системи керування включають витрати з охорони праці, витрати на спецодяг та інше. Згідно практики, ці витрати

визначаються в розмірі 4 % від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу, та складають:

$$C_{\text{інш}} = 0,04 * 441\,324 = 17\,652,96 \text{ грн.}$$

Річна економія електроенергії згідно з (5.16).

$$\Delta W = 1 * 365 * 24 - 0,6 * 365 * 24 = 8\,760 - 5\,256 = 3\,504 \text{ кВт} \times \text{год.}$$

З цього пряма економія пов'язана зі зниженням втрат активної електроенергії в системі електропостачання згідно з формулою (5.14):

$$\epsilon_{\text{п}} = 3\,504 * 5,5849 = 19\,569,49 \text{ грн.}$$

Річна економія від впровадження згідно з формулою (5.12) дорівнює:

$$\epsilon_r = 19\,569,49 + 217\,267,2 = 236\,836,69 \text{ грн}$$

5.4 Визначення та аналіз показників економічної ефективності об'єкта керування

Оцінка економічної ефективності технічних і організаційних рішень здійснюється на основі визначення та аналізу розрахункового коефіцієнта ефективності капітальних витрат E_p та терміну окупності капітальних витрат T_p що розраховуються за формулами:

$$E_p = \epsilon / K, \text{ частки од.,} \quad (5.22)$$

де ϵ - загальна річна економія від впровадження об'єкта керування дорівнює 236 836,69 грн.

K - капітальні витрати за варіантами що викликали цю економію 38 701,5 грн.

$$T_p = K / \epsilon, \text{ років} \quad (5.23)$$

Згідно формул (5.22) та (5.23) отримаємо такі розрахунки:

$$E_p = 236\,836,69 / 38\,701,5 = 6,12$$

$$T_p = 38\,701,5 / 236\,836,69 = 0,16 \text{ років.}$$

5.5 Висновки по розділу

Виходячи з розрахунків, видно, що капітальні витрати склали 38,7 тис. грн., а річні експлуатаційні витрати 602,2 тис грн.

Коефіцієнт ефективності капітальних витрат складає 6,12, а термін окупності капітальних витрат 0,16 року. Таким чином, впровадження нового обладнання є дуже доцільним, оскільки встановлення нової системи керування дозволить зменшити витрати на всіх етапах технологічного процесу і загальна річна економія дорівнюватиме 236,8 тис. грн.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів при роботі з ПК

Робота над дипломним проектом проводилась на кафедрі у лабораторії з використанням персонального комп'ютера і полягала у проектуванні автоматичної системи управління та розробці кваліфікаційної роботи на тему «Дослідження та синтез системи автоматичного керування екструдером при виробництві полімерних труб». Тому аналіз небезпечності шкідливих факторів буде розглядатися для користувача комп'ютера. Види шкідливих та небезпечних факторів під час роботи з ПК зведені у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Шкідливі та небезпечні фактори під час роботи з ПК

№ п/п	Види шкідливих та небезпечних факторів	Нормативні документи, що визначають шкідливість роботи з комп'ютером
1	Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини	1. ДСТУ EN 41003:2014 «Обладнання, яке підключають до телекомунікаційних мереж та/або кабельних розподільчих систем. Додаткові вимоги щодо безпеки». 2. ДСТУ EN 60335-1:2015 «Прилади побутові та аналогічні електричні. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги». 3. ДСТУ EN 60950-1:2015 «Обладнання інформаційних технологій. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги»
2	Підвищений рівень шуму на робочому місці	ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
3	підвищена чи знижена температура повітря робочої зони;	ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Правила безпечної експлуатації
4	підвищена чи знижена вологість повітря.	електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98)

6.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

Дата вимірювання: 02.09

Характеристика робочого місця: Постійне

Енерговитрати організму, ккал/ год: 265

Категорія робіт: Легкі фізичні роботи 1а

Період року: Теплий період

1. Фактична t , °C : 24- задовольняє

Оптимальна: 23-25

Допустима: 28-22

2. Фактична W , %: 70% - не задовольняє , зменшити значення на 10-15 %

Оптимальна: 60-40 %

Допустима: 55 при 28 °C

3. Фактична V , м/с: 0.1м/с – задовольняє

Оптимальна: 0.1 м/с

Допустима: 0.2-0.1 м/с

Параметри мікроклімату в даному приміщенні не задовольняють вимогам ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Для досягнення допустимих значень необхідно зменшити вологість не менше, ніж на 10-15%.

Зниження негативного впливу мікроклімату можна досягти за рахунок вжиття таких заходів:

- впровадження раціональних технологічних процесів (наприклад, заміни гарячого способу обробки металу холодним);
- механізації та автоматизації виробничих процесів;
- дистанційного управління, що дозволяє вивести людину в більшості випадках з несприятливих умов;
- захисту працівників різними видами екранів;
- раціональної теплової ізоляції устаткування;
- раціонального розміщення устаткування;

- ефективного планування і конструкторського рішення виробничих приміщень (гарячі цеха розміщуються в одноповерхових приміщеннях);
- раціональної вентиляції та опалювання;
- раціоналізації режимів праці й відпочинку, перерви;
- спеціального питного режиму (забезпечення білково-вітамінними напоями, хлібним квасом, підсоленою водою).

Оскільки робота пов'язана з використанням комп'ютера (робота з дисплеєм), то вона відповідає зоровій роботі високої точності, розмір об'єкту розрізнення 0,3...0,5 мм, розряд зорової роботи – III, підрозряд “в”, контраст роботи з фоном – великий, фон – світлий (відповідно до ДБН В. 2.5.-28-2018).

Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями, обладнаними комп'ютерами, має здійснюватися системою загального рівномірного освітлення.

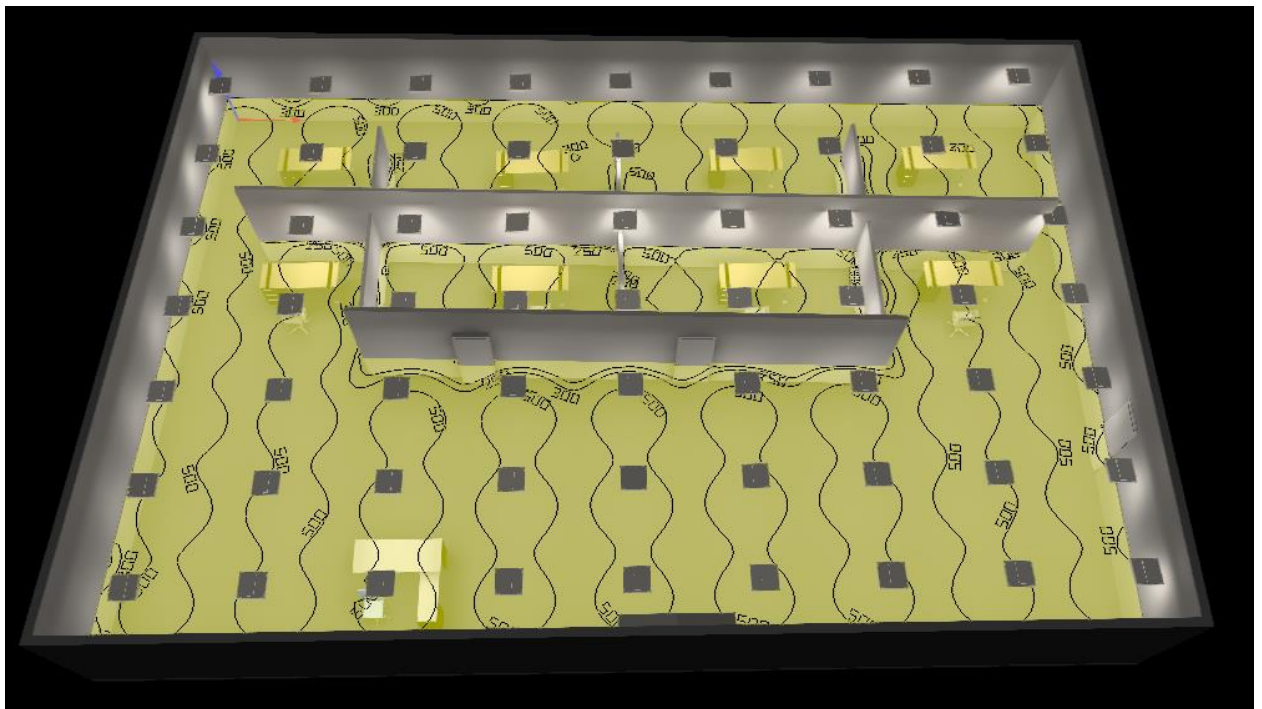


Рисунок 6.1 - Розрахунок освітлення

У приміщеннях, у разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення, додатково встановлюються світильники місцевого освітлення).

Значення освітлення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300...500 лк. Якщо ці значення освітленості неможливо забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. При цьому світильники місцевого освітлення слід встановлювати таким чином, щоб не створювати бліків на поверхні екрана, а освітленість екрана має не перевищувати 300 лк.

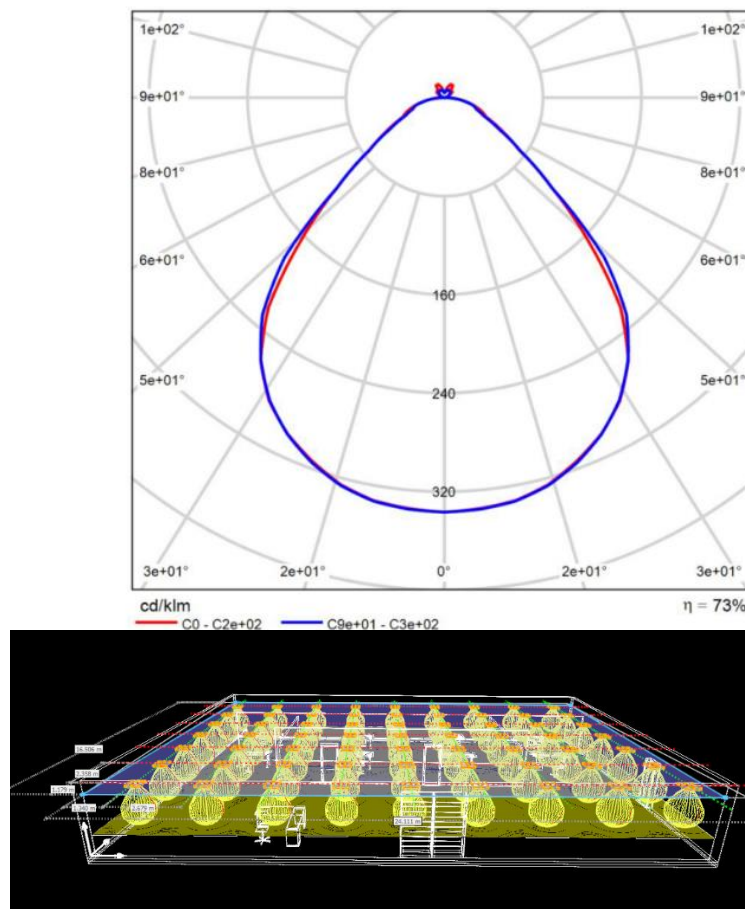


Рисунок 6.2 – Криві сили світла

Нижче наведені технічні характеристики світильника

№ виробу SPC0620002

P 32.0 W

$\Phi_{\text{Лампа}}$ 5200 lm

$\Phi_{\text{Світильник}}$ = 3805 lm

η = 73.16 %

Світловіддача = 118.9 lm/W

CCT = 4000 K

CRI = 80

Небезпека поразки електричним струмом[6], в приміщенні лабораторії, досить значна, тому що є можливість водночас часу доторкнутися до заземлюючої батареї і корпусів ПК.

Потреба в електроенергії забезпечує чотирих-фазна мережа (з глухозаземленою нейтраллю), напругою 220 В і 380 В, з частотою 50 Гц. Немає можливості підключитися до лінійної напруги в 380В звичайному користувачеві в 220 В, так форм-фактори даних розеток відрізняються.

Більшість споживачів електричної енергії (системи персональних комп'ютерів, блоки живлення), в яких є можливість пробою електричні фази, представляють значну небезпеку для здоров'я і життя людей, що працюють з ними. Але дану небезпеку можна виключити методом занулення (так заземлення до 1000 В мало ефективно). Для цього прокладається нульовий дріт, що з'єднується з глухою нейтраллю джерела, до якого і приєднують металеві корпуси всіх потенційних споживачів. При замиканні на корпус, електроустановка переходить в режим короткого замикання, внаслідок чого спрацьовує максимальний струмовий захист, який і відключає пошкоджену ділянку мережі.

Так само необхідно:

- зробити недоступними струмопровідних частин (прокласти кабель, проводку в трубах, в гнучких металевих рукавах, в спеціальних закритих каналах під підлогою);
- всі струмоведучі частини електрообладнання надійно ізолювати (R_3 не менше 1 МОм);
- регулярно проводити інструктажі і перевірки всіх працівників на предмет обізнаності техніки безпеки.

- В системі TN-C всі провідні частини електрообладнання з'єднані з заземленою нейтраллю, що живить ТП за допомогою провідника, який поєднує в собі нульовий і захисний провідники на всій своїй протяжності. Цей варіант реалізований в більшості старих «радянських» багатоповерхівок і не виконує по своїй суті функції захисного заземлення, швидше за все захисного занулення.

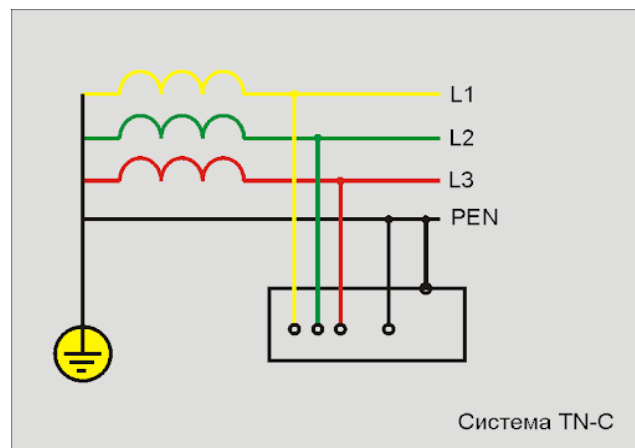






Рисунок 6.3 - Система TN-C

Основними мірами по захисту від ураження електричним струмом є [8]:

- забезпечення недоступності струмоведучих частин для випадкового доторкання;
- використання ізоляції струмоведучих частин;
- використання методів колективного захисту від ураження електричним струмом:
- захисного заземлення, занулення та автоматичного відключення;
- періодична перевірка опору заземлення;
- контроль та профілактика пошкоджень ізоляції.

Таблиця 6.2 - Опис порядку першочергових дій у разі необхідності звільнення потерпілого від дії електричного струму в електроустановках (ЕУ)

№ п/п	Порядок дій	Примітка
1	Побачивши людину, яка потрапила під напругу, насамперед треба швидко озирнутися на всі боки для виявлення наявності рубильників або інших пристроїв, що відключають і знеструмити електричну лінію. Якщо потерпілий знаходиться на висоті, треба запобігти його падіння. Після знеструмлення лінії людини відразу спускають на землю, де і буде надано першу медичну допомогу;	
2	Стороння людина не може знати розташування рубильників на об'єкті. Якщо швидкий їх пошук не дав результатів, звільнити потерпілого від напруги можна розривом електричної мережі. Треба знайти струмопровідний провід і перерубати його сокирою, узятим з пожежного щита. При виявленні декількох проводів, їх треба перерубати окремо на деякій відстані один від одного, щоб не утворилося замикання. Використовуючи сокиру, треба звернути увагу на його рукоятку. Вона повинна бути тільки дерев'яною, інакше людина рятує потерпілого теж буде уражений струмом;	
3	Звільнити потерпілого від напруги можна відтягнувши його в сторону. Брати за тіло не можна. Відтягнути можна, взявши його однією рукою за сухий одяг. Якщо при огляді одяг здається вологою, необхідно знайти будь-який діелектричний предмет і пристосувати його для звільнення потерпілого. Це може бути суха дерев'яна дошка, гумовий шланг, мотузка або інший відповідний предмет. Нарешті, сухою довгою палицею можна спробувати відкинути дроти від потерпілого;	
4	Через тіло людини струм може проходити в землю, особливо якщо ґрунт сирий. Ізолювати потерпілого допоможе сухий дерев'яний предмет, покладений під ноги.	
5	Надати першу допомогу треба швидко, так як навіть 220 вольт можуть стати смертельними для потерпілого. Людина, який надає допомогу, повинен убезпечити себе від ураження струмом. Захистити себе можна гумовим взуттям і рукавицями. В крайньому випадку, кинути під ноги на землю гумові килимки. Якщо потерпілий дихає, слід укласти його таким чином, щоб голова розташовувалася нижче ніг (ноги слід злегка підняти). Це необхідна протишокова міра; Ділянки тіла, пошкоджені в результаті опіку або вторинної травми, отриманої при падінні, необхідно закрити чистою тканиною, щоб не допустити потрапляння в них інфекції. Найкраще для цієї мети підійде стерильний бинт або марля, якщо їх немає - чисте ляне рушник, простирадло, сорочка. Не можна використовувати ворсисті тканини, наприклад вату, махрові рушники або вовняні ковдри; Подальші заходи полягають в підтримці життєдіяльності потерпілого до приїзду швидкої допомоги. У холодну пору року необхідно стежити, щоб не відбулося обмороження, в жарку - перегрів.	

На наступному етапі дослідження санітарно-гігієнічних умов праці можна визначити характеристики зашумованості приміщення. Рівні звуку та еквівалентні

рівні звуку на підприємстві становлять 86-89 дБа, що не відповідає допустимому рівню звукового тиску та звуку згідно з ДСН 3.3.6.037-99. Рівень звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо геометричними частотами становить приблизно 50-60 Гц, що також відповідає нормі.

Джерелами виникнення шуму для офісного приміщення є лабораторії. Шуми транспортних засобів не повинні доходити до внутрішнього середовища офісу, задля чого офісні приміщення розташовуються на відстані не менш ніж 100 м від ремонтної зони.

При тривалій дії шуму у оператора ПК виявляються симптоми стомленості, нервового збудження, що сприяють погіршенню працездатності і допущенні помилок при роботі. Тому слід забезпечити нормований рівень шуму у виробничому приміщенні та на робочому місці.

У нас в лабораторії шум створюють: системний блок(4 од.), а точніше блок живлення в системному блоці – менш 50 дБА (один метр від поверхні), джерело безперебійного живлення (4 од.) - менш 50 дБА, принтер (2 од.) - менш 50 дБА, вентиляційні установки – 30 дБА, кондиціонер – 60 дБА. Загальний шум в лабораторії складає 60 дБА.

Згідно з ДНАОП 0.03-33.14-85 еквівалентний рівень звуку не повинен перевищувати 70-85 дБА.

Як заходи щодо зниження шуму можна запропонувати наступне:

- встановити меблі із звукопоглинальним матеріалом (знижує шум на 6-8 дБ);
- зробити екранування робочого місця (постановкою перегородок, діафрагм);
- встановити в приміщенні обладнання, що виробляє мінімальний шум. Наприклад, використовувати замість матричного принтера, який виробляє багато шуму, більш тихий - лазерний принтер;
- раціонально спланувати розташування ПК (не менш ніж за метр один від одного).

Захист від шуму слід виконувати відповідно до, а звукоізоляція огорожувальних конструкцій повинна відповідати вимогам ДБН В.1.1-31:2013. Захист територій, будинків і споруд від шуму.

6.3 Пожежна профілактика

По категорії вибухо- і пожежонебезпеки, згідно дане приміщення відноситься до категорії В – пожежонебезпечне, тому що присутні тверді матеріали, що горять, такі як дерев'яні столи, папір і інше.

Найбільш ймовірною і основною причиною виникнення пожежі в приміщенні експлуатації ПЕОМ є займання електропроводки внаслідок короткого замикання та з інших причин. Тому система запобігання пожежі повинна включати наступні заходи:

- виконання правил пожежної безпеки при роботі з комп'ютером;
- періодичний контроль цілісності і надійності електроізоляції;
- експлуатація електрообладнання без перевантаження;
- наявність протипожежних інструкцій;
- навчання, атестація і переатестація персоналу з пожежної безпеки;
- наявність системи захисту від атмосферної електрики;
- періодичне зняття зарядів статичної електрики;
- заборона куріння в приміщенні.

Система пожежного захисту передбачає наступні заходи і засоби[10]: наявність пристроїв автоматичного вимкнення електроустаткування, оснащення системою автоматичної пожежної сигналізації з димовими оповіщувачами, наявність первинних засобів пожежогасіння – газові вогнегасники типу ОУ-5.

У даному випадку на рис. 6.4 показано шлях евакуації при пожежі або інших ЧС, також вказано, що в кожній кімнаті є вогнегасники.

допомогу по спасінню людей та припиненню подальшого розвитку аварії, або її локалізації.

6.4 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Промислова катастрофа не тільки призводить до величезних лих і величезної матеріальної шкоди, але й погіршує навколишнє середовище, особливо якщо це стосується небезпечних матеріалів. Виникнення великої аварії на установці великої небезпеки є непередбачуваним. Таким чином, як структурні, так і неструктурні заходи повинні вийти на перший план, перш ніж це забере людське життя та надзвичайно знищить активи та навколишнє середовище. Таким чином, основними цілями даного дослідження є моделювання наслідків дисперсії токсичних матеріалів (сірчаної кислоти) з подальшим пропонуванням карт евакуації. Для визначення зони загрози та оцінки радіусу розсіювання токсичного матеріалу від точки джерела було використано ареал розташування небезпечної атмосфери (ALOHA). У цьому дослідженні було відібрано два нафтохімічні заводи, обидва розташовані в різних нафтохімічних промислових районах у регіоні.

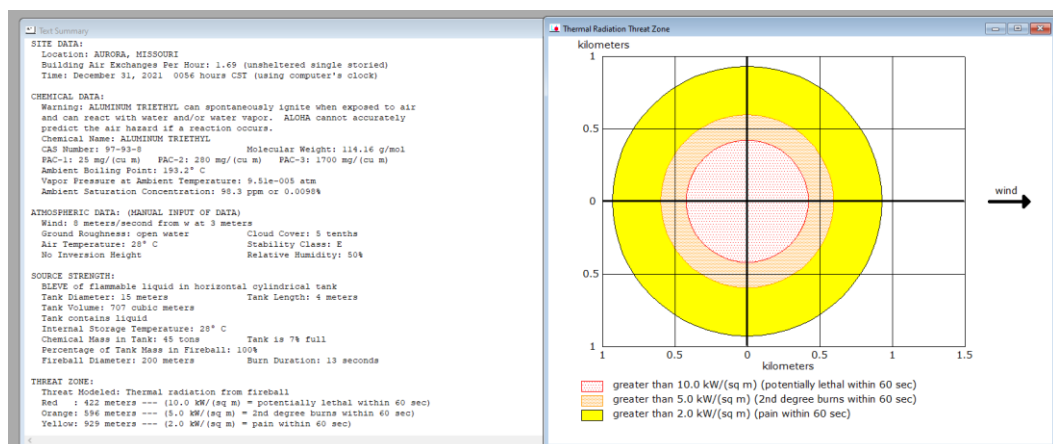


Рисунок 6.5 - моделювання наслідків дисперсії токсичних матеріалів

Виходячи з результату ALOHA, можна зробити висновок, що радіус токсичного газу дисперсія явно впливає на суміжні споруди, якими користуються

державні та сусідні компанії. таким чином, запропонований найбезпечніший шлях евакуації допоможе організації спланувати готовність до надзвичайних ситуацій.



Рисунок 6.6 - Нанесення на Гіс мапу

6.5 Висновки по розділу

У розділі розглянуті та проаналізовані шкідливі та небезпечні чинники, на робочому місці. Розроблені інженерно-технічні заходи щодо запобігання або зменшення впливу шкідливих та небезпечних чинників, а також питання пожежної профілактики та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи складено висновки:

Для системи керування екструдером при виробництві полімерних труб обрано комплекс технічних засобів на базі мікропроцесорного контролера VIPA 200, виконано розробку необхідних технічних документів.

Для системи керування екструдером при виробництві полімерних труб для каналу керування «Потужність нагрівального елемента – температура нагрівального елемента» передаточна характеристика являє собою аперіодичну ланку другого порядку з запізненням 19.2 секунди. Дослідження за допомогою П-образного впливу показало симетричність моделі, та відсутність інтегруючої складової. Дослідження об'єкту графічним методом по вихідній характеристиці після подачі вхідного сигналу визначило наступні характеристики: час наростання дорівнює приблизно 240 с., час встановлення складає приблизно 400 с., перерегулювання відсутнє.

Для системи керування екструдером при виробництві полімерних труб по каналу потужність нагрівального елемента – температура нагрівального елемента, що взаємодіє з полімерним матеріалом після проведеного дослідження передавальної характеристики, було отримано модель системи керування, визначено структуру та параметри регулятора, оцінено роботу системи згідно з висунутими критеріями, визначено допустиму межу зміни коефіцієнту «к» при впливі збурення на вихідний параметр системи керування.

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив, та залежить від знаку та значення збурення. Для об'єкту керування з коефіцієнтом « $k=2.917$ » збурення не критично впливає на вихідний параметр при негативному та позитивному знаку зі значенням до $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Дія збурення на вихідний параметр системи керування має вплив, ще більше при зниженні коефіцієнту «к» об'єкту керування. Критичне значення коефіцієнту «к» сягає $k=2,0419$. Вже при цьому значенні коефіцієнту «к» система керування не

має запасу стійкості при впливі негативного збурення на вихідний параметр, що зобов'язує виконати заново розрахунок параметрів регулятора.

На базі безперервної моделі системи керування розроблена цифрова модель системи керування. З моделі відокремлені модель об'єкта керування та модель регулятора. За допомогою стандартних засобів математичного пакета MATLAB отримані програмні модулі, які реалізують об'єкт керування та регулятор на мові програмування Structured Text.

На базі програмних модулів розроблено програмне забезпечення системи керування для програмованого логічного контролера Zenon Logic який входить до складу SCADA системи Zenon. В SCADA системі Zenon розроблено людино машинний інтерфейс, який містить відображення інформації про технологічний процес, зміну температури, хронологічний список подій та інформаційний список тривоги.

Розраховані капітальні витрати склали 38,7 тис. грн., а річні експлуатаційні витрати 602,2 тис грн. на впровадження проекту. Коефіцієнт ефективності капітальних витрат складає 6,12, а термін окупності капітальних витрат 0,16 року. Таким чином, впровадження нового обладнання є дуже доцільним, оскільки встановлення нової системи керування дозволить зменшити витрати на всіх етапах технологічного процесу і загальна річна економія дорівнюватиме 236,8 тис. грн.

Розглянуті та проаналізовані шкідливі та небезпечні чинники, на робочому місці. Розроблені інженерно-технічні заходи щодо запобігання або зменшення впливу шкідливих та небезпечних чинників, а також питання пожежної профілактики та безпеки у надзвичайних ситуаціях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Топалов С. Обзор российского и зарубежного рынков полиэтиленовых труб / С. Топалов // Полимерные трубы. – №1. – 2003. – с. 11–14.
2. Кузовкина М. Рынок полимерных труб. Год 2012: возможности и ожидания / М. Кузовкина, К. Трусов // Полимерные трубы. – №2. – 2012. – с. 18-20.
3. Рынок Поднебесной: бодрый старт 12 пятилетки // Полимерные трубы. – №3. – 2012. – с. 22–23.
4. Кимельблат В.И. Устойчивое развитие трубной отрасли / В.И. Кимельблат // Пластикс. – 10(128).– 2013.–с.40–44.
5. Термоперетворювачі опору з вихідним сигналом 4–20мА. – Access mode: <https://owen.ua/ua/datchyky/dtsxx5mi-yermoperetvorjuvachi-oporu-z-vyhidnym-sygnalom-4...20ma/tehnichni-harakterystyky>
6. ГОСТ 34.003-90. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Автоматизовані системи. Терміни, і визначення. - М.: Держстандарт, 1992. - 54 с.
7. ГОСТ 2.702-75. ЕСКД. Правила виконання електричних схем. - К.: Держстандарт. 1995. - 115 з.
8. ГОСТ 2.737-68. ЕСКД. Умовні графічні зображення у схемах. Пристрої зв'язку. - М.: Держстандарт, 1995. - 115 с.
9. ГОСТ 19.201-78. ЕСПД. Єдина система програмної документації. Технічне завдання. Вимоги до змістом і оформленням. - М.: Держстандарт, 1982. - 128 с.
10. ГОСТ 19.401-78. ЕСПД. Єдина система програмної документації. Текст програми. Вимоги до змісту та оформлення. - М.: Держстандарт, 1982. - 128 с.
11. ГОСТ 19.404-79. ЕСПД Єдина система програмної документації. Пояснювальна записка. Вимоги до змісту та оформлення. - М.: Держстандарт, 1982. - 128 с.

12. ГОСТ 19.701-90. ЕСПД. Єдина система програмної документації. Схема алгоритмів, програм, даних і систем. Позначення умовні і правила виконання. - М.: Держстандарт, 1990. - 128 с.

13. Панько М. А. Расчет и моделирование автоматических систем регулирования в среде Mathcad: Учебное пособие. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 112 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. Правила улаштування електроустановок Мінпаливвугілля України. – 2017 – 617с.

Додаток А
Програмні модулі системи керування

A.1 Модуль об'єкта керування

```
(*
*
* File: AnalogDigital_Petrenko.exp
*
* IEC 61131-3 Structured Text (ST) code generated for subsystem
"AnalogDigital_Petrenko/Subsystem3"
*
* Model name           : AnalogDigital_Petrenko
* Model version        : 1.59
* Model creator        : STUDENT
* Model last modified by   : STUDENT
* Model last modified on   : Mon Dec 20 10:50:27 2021
* Model sample time      : 1s
* Subsystem name        : AnalogDigital_Petrenko/Subsystem3
* Subsystem sample time   : 1s
* Simulink PLC Coder version : 1.6 (R2013b) 08-Aug-2013
* ST code generated on    : Tue Dec 21 13:58:48 2021
*
* Target IDE selection    : 3S CoDeSys 2.3
* Test Bench included     : No
*
*)
FUNCTION_BLOCK Subsystem3
VAR_INPUT
    ssMethodType: SINT;
    bi_Input: LREAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    bo_Output: LREAL;
END_VAR
VAR
    u_states: LREAL;
    u_states_p: LREAL;
    Delay_DSTATE: ARRAY [0..18] OF LREAL;
END_VAR
VAR_TEMP
    k: DINT;
    i: DINT;
    u: LREAL;
```

```

END_VAR
CASE ssMethodType OF
  SS_INITIALIZE:

    (* InitializeConditions for Delay: '<S1>/Delay.' *)
    FOR i := 0 TO 18 DO
      Delay_DSTATE[i] := 0.0;
    END_FOR;
    (* End of InitializeConditions for Delay: '<S1>/Delay.' *)

    (* InitializeConditions for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 2. у
цифровій формі' *)
    u_states := 0.0;

    (* InitializeConditions for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування1. у
цифровій формі' *)
    u_states_p := 0.0;
  SS_STEP:

    (* Output: '<Root>/bo_Output' incorporates:
    * Delay: '<S1>/Delay.' *)
    bo_Output := Delay_DSTATE[0];

    (* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування1. у цифровій формі' *)
    u := 0.039002998450483 * u_states_p;

    (* Update for Delay: '<S1>/Delay.' incorporates:
    * DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 2. у цифровій формі' *)
    FOR k := 0 TO 17 DO
      Delay_DSTATE[k] := Delay_DSTATE[k + 1];
    END_FOR;
    Delay_DSTATE[18] := 0.014346542766266 * u_states;
    (* End of Update for Delay: '<S1>/Delay.' *)

    (* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 2. у цифровій
формі' *)
    u_states := u - (-0.985653457233734 * u_states);

    (* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування1. у цифровій формі'
incorporates:
    * Update for Inport: '<Root>/bi_Input' *)
    u_states_p := bi_Input - (-0.986629071494521 * u_states_p);
  END_CASE;
END_FUNCTION_BLOCK

```

```
VAR_GLOBAL CONSTANT
  SS_INITIALIZE: SINT := 0;
  SS_STEP: SINT := 1;
END_VAR
VAR_GLOBAL
END_VAR
```

A.2 Модуль регулятора

```
(*
*
* File: AnalogDigital_Petrenko.exp
*
* IEC 61131-3 Structured Text (ST) code generated for subsystem
"AnalogDigital_Petrenko/Subsystem2"
*
* Model name           : AnalogDigital_Petrenko
* Model version        : 1.59
* Model creator        : STUDENT
* Model last modified by : STUDENT
* Model last modified on  : Mon Dec 20 10:50:27 2021
* Model sample time    : 1s
* Subsystem name      : AnalogDigital_Petrenko/Subsystem2
* Subsystem sample time : 1s
* Simulink PLC Coder version : 1.6 (R2013b) 08-Aug-2013
* ST code generated on   : Tue Dec 21 13:56:11 2021
*
* Target IDE selection   : 3S CoDeSys 2.3
* Test Bench included    : No
*
*)
FUNCTION_BLOCK Subsystem2
VAR_INPUT
    ssMethodType: SINT;
    bi_Error: LREAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
    bo_Output: LREAL;
END_VAR
VAR
    _states: LREAL;
    _DSTATE: LREAL;
END_VAR
VAR_TEMP
    rtb_Saturation3: LREAL;
    rtb_u: LREAL;
    _tmp: LREAL;
END_VAR
CASE ssMethodType OF
    SS_INITIALIZE:
```

(* InitializeConditions for DiscreteIntegrator: '<S1>/Інтегруюча .складова' *)

```
_DSTATE := 0.0;
```

```
(* InitializeConditions for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі.' *)
```

```
_states := 0.0;
```

```
SS_STEP:
```

```
(* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі.' incorporates:
```

```
* Inport: '<Root>/bi_Error' *)
```

```
_tmp := bi_Error - (-0.968946634537234 * _states);
```

```
(* Gain: '<S1>/Пропорційна .складова' incorporates:
```

```
* DiscreteIntegrator: '<S1>/Інтегруюча .складова'
```

```
* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі.'
```

```
* Inport: '<Root>/bi_Error'
```

```
* Sum: '<S1>/Sum21' *)
```

```
rtb_u := (((0.630914826498423 * _tmp) + (-0.599861461035657 * _states)) + (_DSTATE + bi_Error)) * 0.648;
```

```
(* Saturate: '<S1>/Saturation3' *)
```

```
IF rtb_u >= 100.0 THEN
```

```
    rtb_Saturation3 := 100.0;
```

```
ELSIF rtb_u > 0.0 THEN
```

```
    rtb_Saturation3 := rtb_u;
```

```
ELSE
```

```
    rtb_Saturation3 := 0.0;
```

```
END_IF;
```

```
(* End of Saturate: '<S1>/Saturation3' *)
```

```
(* Output: '<Root>/bo_Output' *)
```

```
bo_Output := rtb_Saturation3;
```

```
(* Update for DiscreteIntegrator: '<S1>/Інтегруюча .складова' incorporates:
```

```
* Gain: '<S1>/.Ti'
```

```
* Inport: '<Root>/bi_Error'
```

```
* Sum: '<S1>/Sum1'
```

```
* Sum: '<S1>/Sum3' *)
```

```
_DSTATE := ((rtb_Saturation3 - rtb_u) + (0.0065359477124183009 * bi_Error)) + _DSTATE;
```

```
(* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі.' *)
```

```
_states := _tmp;
```

```
END_CASE;
```



```
END_FUNCTION_BLOCK  
VAR_GLOBAL CONSTANT  
    SS_INITIALIZE: SINT := 0;  
    SS_STEP: SINT := 1;  
END_VAR  
VAR_GLOBAL  
END_VAR
```

Додаток Б

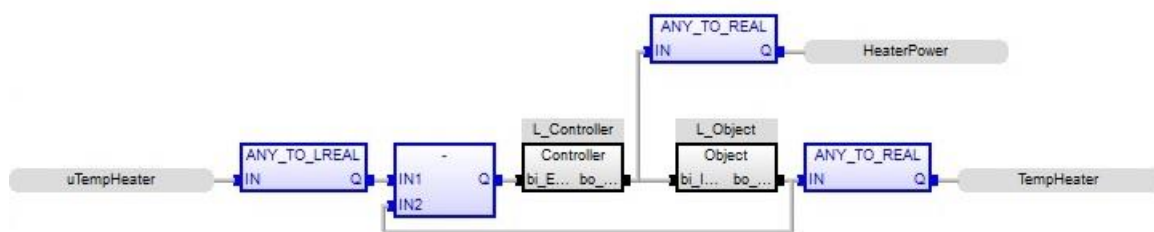
Програмне забезпечення системи керування

Б.1 Програмне забезпечення об'єкта керування**Б.1.1 Список програм**

[FBD] Main (* Основна програма *)

[ST] Object (* Об'єкт керування *)

[ST] Controller (* Засіб керування *)

Б.1.2 Основна програма**Б.1.3 Об'єкт керування**

(* Output: '<Root>/bo_Output' incorporates:

* Delay: '<S1>/Delay.' *)

bo_Output := Delay_DSTATE[0];

(* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування1. у цифровій формі' *)

u := 0.039002998450483 * u_states_p;

(* Update for Delay: '<S1>/Delay.' incorporates:

* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 2. у цифровій формі' *)

FOR k := 0 TO 17 DO

Delay_DSTATE[k] := Delay_DSTATE[k + 1];

END_FOR;

Delay_DSTATE[18] := 0.014346542766266 * u_states;

(* End of Update for Delay: '<S1>/Delay.' *)

(* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 2. у цифровій формі' *)

u_states := u - (-0.985653457233734 * u_states);

(* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування1. у цифровій формі' incorporates:

```
* Update for Inport: '<Root>/bi_Input' *)
  u_states_p := bi_Input - (-0.986629071494521 * u_states_p);
```

Б.1.4 Засіб керування

(* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі.' incorporates:

```
* Inport: '<Root>/bi_Error' *)
  _tmp := bi_Error - (-0.968946634537234 * _states);
```

(* Gain: '<S1>/Пропорційна .складова' incorporates:

* DiscreteIntegrator: '<S1>/Інтегруюча .складова'

* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі.'

* Inport: '<Root>/bi_Error'

* Sum: '<S1>/Sum21' *)

```
rtb_u := (((0.630914826498423 * _tmp) + (-0.599861461035657 * _states)) +
  (_DSTATE + bi_Error)) * 0.648;
```

(* Saturate: '<S1>/Saturation3' *)

```
IF rtb_u >= 100.0 THEN
```

```
  rtb_Saturation3 := 100.0;
```

```
ELSIF rtb_u > 0.0 THEN
```

```
  rtb_Saturation3 := rtb_u;
```

```
ELSE
```

```
  rtb_Saturation3 := 0.0;
```

```
END_IF;
```

(* End of Saturate: '<S1>/Saturation3' *)

(* Output: '<Root>/bo_Output' *)

```
bo_Output := rtb_Saturation3;
```

(* Update for DiscreteIntegrator: '<S1>/Інтегруюча .складова' incorporates:

* Gain: '<S1>/.Ti'

* Inport: '<Root>/bi_Error'

* Sum: '<S1>/Sum1'

* Sum: '<S1>/Sum3' *)

```
_DSTATE := ((rtb_Saturation3 - rtb_u) + (0.0065359477124183009 * bi_Error)) +
  _DSTATE;
```

(* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі.' *)

```
_states := _tmp;
```

Б.1.5 Перелік змінних

Global variables

HeaterPower

REAL

Embedded: <Symbol>

uTempHeater

REAL

Embedded: <Symbol>

TempHeater

REAL

Embedded: <Symbol>

Main**l_Controller**

Controller

l_Object

Object

Controller**bi_Error**

REAL

bo_Output

REAL

u_states

REAL

u_DSTATE

REAL

rtb_Saturation1

REAL

rtb_u

REAL

u_tmp

REAL

Object**bi_Input**

REAL

bo_Output

REAL

u1_states

REAL

u1_states_h

REAL

Delay2_DSTATE

REAL [0..269]

k

DINT

i

DINT

u1

REAL

Додаток В

Програмне забезпечення людино-машинного інтерфейсу

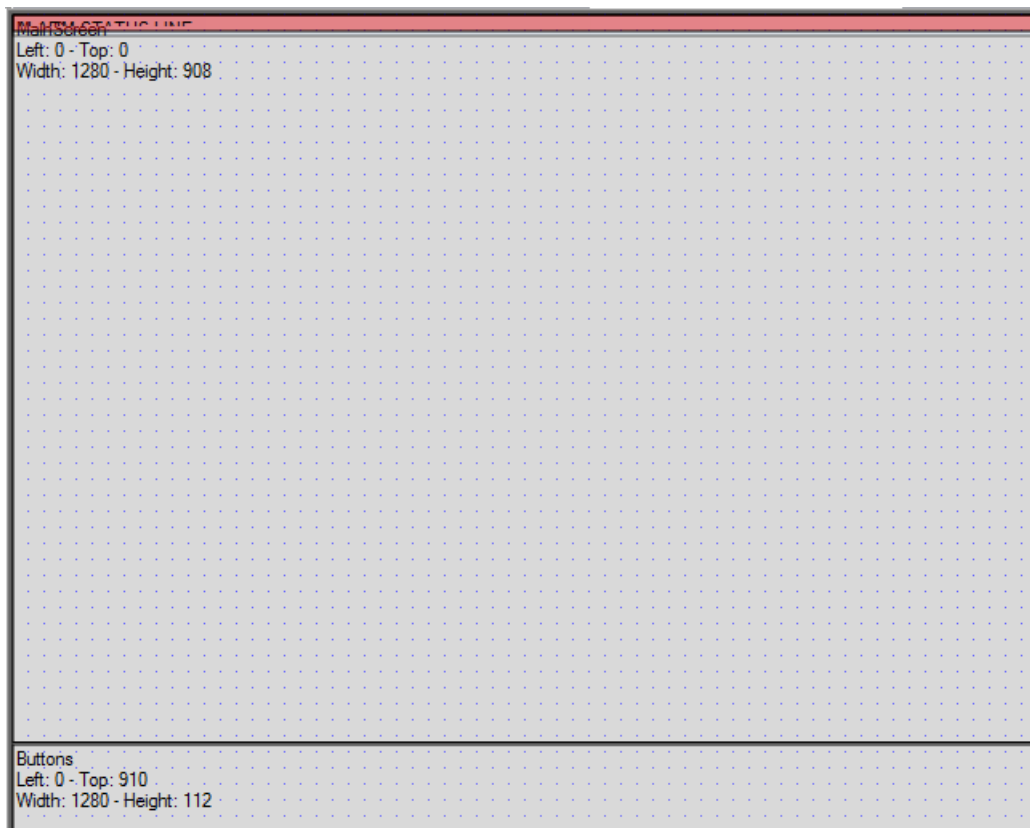
В.1 Драйвера

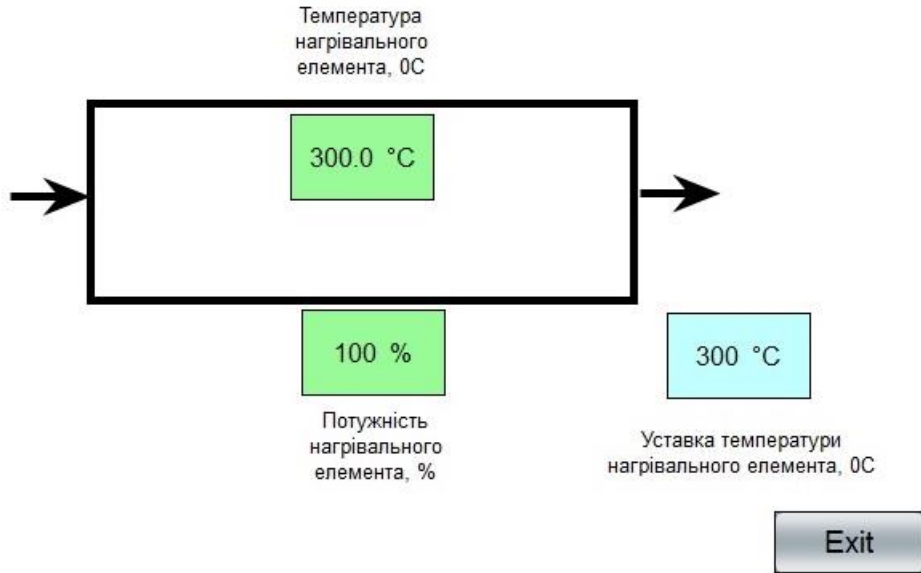
State	Identification	Description	File name
	Filter text	Filter text	Filter text
	Driver for internal variables		Intern
	Driver for mathematics variables		MATHDR32
	Driver for system variables		SYSDRV
	VIPA		S7TCP32

В.2 Перелік змінних

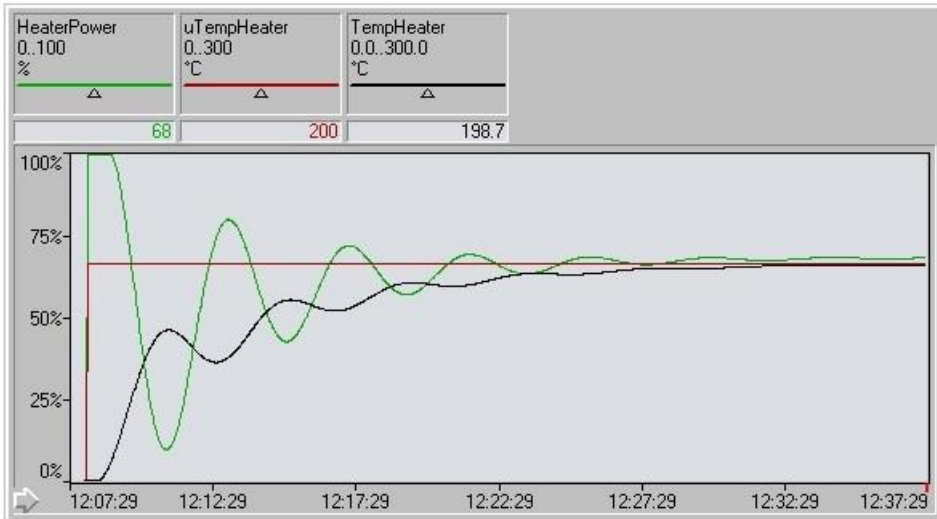
State	Name	Identifi...	M...	N...	D...	O...	Bi...	Al...	S...	Driver	Data type	Decimals	Start of...
	Filtertext	Filter ...								Filter text	Filter ...		Filter...
	HeaterPower		%	0	0	0	0	0		S7TCP32 - S7 TCP-IP	REAL	0	0
	TempHeater		°C	0	0	0	0	0		S7TCP32 - S7 TCP-IP	REAL	1	0
	uTempHeater		°C	0	0	0	0	0		S7TCP32 - S7 TCP-IP	REAL	0	0

В.3 Шаблони зображень





68 % 200 °C 198.7 °C



В.4 Функції

Project Manager

Workspace:

- HT Start project)
 - Variables
 - Driver
 - Datatypes
 - Reaction matrix
 - Allocations
 - Alarm
 - Units
 - Screens
 - Frames
 - Font lists
 - Palettes
 - Project symbol library
 - Functions

Sta...	Name	Type	Parameter
Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
	SwitchProcessScreen	Screen switch	ProcessScreen (Standard)
	SwitchCELScreen	Screen switch	CELScreen (Standard)
	SwitchAMLScreen	Screen switch	AMLScreen (Standard)
	SwitchButtonScreen	Screen switch	ButtonScreen (Standard)
	Exit	Exit Runtime	
	ReloadProject	Reload project online	changed objects
	Switch_FullTrend	Screen switch	Full_Trend (Extended Trend) ...

В.5 Зображення

Project Manager

Workspace:

- HT (Start project)
 - Variables
 - Driver
 - Datatypes
 - Reaction matrix
 - Allocations
 - Alarm
 - Units
 - Screens
 - Frames
 - Font lists

State	Visible under ...	Name	Screen type	Frame	Background co...
Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text	Filter text
	<input checked="" type="checkbox"/>	ButtonScreen	Standard	Buttons	#FFD700
	<input checked="" type="checkbox"/>	main	Standard	MainScreen	#7FFFD4
	<input checked="" type="checkbox"/>	ProcessScreen	Standard	MainScreen	#7FFFD4
	<input checked="" type="checkbox"/>	AMLScreen	Alarm Message List	MainScreen	#7FFFD4
	<input checked="" type="checkbox"/>	Full_Trend	Extended Trend	MainScreen	#7FFFD4
	<input checked="" type="checkbox"/>	CELScreen	Chronological Event List	MainScreen	#7FFFD4

[*]-[*]-[*]-[*],Ref:0d,1h,0m,0s] **Фільтр...** Зберегти Імпорт

Variable name	Time received	Text
	02.12.2018 2:02:43	System was started
Controller/Global/SetPoint	02.12.2018 2:03:02	Modify spontaneous value: (140.0)

Кількість:

Експорт Видалити

Коментар:

Друкувати

[*]-[*]-[*]-[*],Ref:0d,1h,0m,0s] **Фільтр...** Зберегти Імпорт

Variable name	Time received	Time cleared	Time
---------------	---------------	--------------	------

Експорт Видалити Stop

Всього:

Не оброблено:

обробити зобити сторіі Обробити всі

Видалити залити сторі зидалити всі

Коментар:

Функція триколи:

онати функі крити допом Друкувати

ВІДГУК

**на кваліфікаційну роботу ступеню магістра
на тему: “Дослідження та синтез системи автоматичного керування
екструдером при виробництві полімерних труб ”**

студента групи 151м-20-1

Петренко Дмитра Олеговича

Тема кваліфікаційної роботи актуальна і безпосередньо близька професійній діяльності магістра спеціальності 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Особливість роботи полягає в отриманні моделі впливу збурення на вихідний параметр системи керування екструдера по каналу потужність нагрівального елемента – температура нагрівального елемента, що взаємодіє з полімерним матеріалом дозволяє визначити межове значення коефіцієнта «к» об'єкту керування як межу стійкості розробленої системи керування екструдером при виробництві полімерних труб.

Студент виконав роботу з добрим ступенем самостійності підтримуючи консультації з керівниками розділів. Праця студента над кваліфікаційною роботою підтвердила достатність знань та навиків у даній галузі знань. В цілому кваліфікаційна робота заслуговує оцінку «добре» за умови відповідного захисту, а студент Петренко Д.О. присвоєння йому кваліфікації «магістр» за спеціальністю 151 “Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології”.

Керівник кваліфікаційної роботи, доцент

К. В. Соснін

17.12.2021

ВІДГУКИ ПО РОЗДІЛАМ ТА ПІДРОЗДІЛАМ

