


**ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ  
ТА ВИКОНАВЧІ МЕХАНІЗМИ**

**методичні вказівки  
до лабораторного практикуму**

Запоріжжя, 2025



УДК 681.5(072)  
Т38

Рекомендовано Науково-методичною радою  
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»  
(протокол № 8 від «27» червня 2025 р.)

**Укладач**

Суботін О.В., канд. техн. наук, доцент

Т38                    **Технічні засоби автоматизації та виконавчі механізми** : методичні  
вказівки до лабораторного практикуму / уклад. О. В. Суботін. Запоріжжя :  
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 34 с.

Розглянуто основні вимоги до розробки та аналізу функціональних схем автоматизації, побудови алгоритмів роботи систем керування та схем інформаційних потоків. Лабораторний практикум охоплює зазначені питання. Наведено приклади виконання робіт.

УДК 681.5(072)



## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ОРГАНІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ .....	5
1.1 Завдання.....	5
1.2 Вимоги до оформлення звітів .....	5
1.3 Критерії оцінювання .....	5
2 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ .....	6
2.1 Принципи розробки схем автоматизації технологічних процесів ..	6
2.2 Принципи побудови умовних позначень елементів автоматики .	10
2.3 Особливості виконання і читання схем автоматизації .....	12
2.4 Контрольні запитання.....	13
3 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ .....	15
3.1 Побудова алгоритму (блок-схеми) блоку початкової інформації.	15
3.2 Побудова алгоритму (блок-схеми) блоку запуску системи .....	19
3.3 Побудова алгоритму (блок-схеми) блоку регулювання.....	21
3.4 Побудова алгоритму (блок-схеми) блоку відключення системи..	24
3.5 Складання повного алгоритму керуючої програми та побудова перехідної характеристики.....	26
3.6 Побудова схеми інформаційних потоків у системі .....	29
4 ВИСНОВКИ.....	32
5 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА .....	33
Додаток А. Варіанти завдань.....	34



## ВСТУП

Метою виконання цього лабораторного практикуму є вивчення основних вимог до розробки та аналізу функціональних схем автоматизації, побудови алгоритмів роботи систем керування та схем інформаційних потоків.

Передбачене виконання і захист лабораторного практикуму відповідно індивідуального завдання, який оформлюється у відповідний звіт.

Лабораторний практикум складається з шести завдань (лабораторні роботи 1...6), які виконуються й захищаються окремо. Направленість завдань відповідає загальній меті, тому вони об'єднані в один лабораторний практикум під назвою *«Побудова алгоритмів роботи систем керування та схеми інформаційних потоків»*.

Практикум включає вивчення основних вимог до розробки та аналізу функціональних схем автоматизації, вивчення технологічних та конструктивних особливостей об'єкту керування та побудови алгоритмів роботи (блок-схем) елементів систем керування: блоку початкової інформації; блоку запуску системи; блоку регулювання; блоку відключення системи. Передбачено аналіз загального алгоритму програми керування відповідно умов роботи системи. А також побудова схеми інформаційних потоків у досліджуваній системі.



# 1 ОРГАНІЗАЦІЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ

## 1.1 Завдання

Лабораторний практикум «Побудова алгоритмів роботи систем керування та схем інформаційних потоків» передбачає наступні завдання:

1. Обрати варіант схеми технологічної установки або процесу (Додаток А) для виконання циклу лабораторних робіт;
2. Вивчити технологічні та конструктивні особливості, а також принцип роботи технологічного устаткування обраного об'єкту керування, привести функціональну схему автоматизації;
3. Виконати за наданою методикою та наведеними прикладами цикл лабораторних робіт, зробити звіти.

## 1.2 Вимоги до оформлення звітів

Звіт має бути оформлений відповідно до вимог щодо оформлення технічної документації на аркушах формату А4. До складу звіту повинні входити:

1. Титульна сторінка;
2. Назва лабораторного практикуму;
3. Мета, завдання, результати та висновки по кожній виконаній лабораторній роботі;
4. Загальні висновки.

Варіативність структури звіту залежить від певного завдання та рекомендацій, що викладені у кожній окремій лабораторній роботі.

Допустимо оформлення загального звіту лабораторного практикуму з одним титульним аркушем та змістом підготовленого документу.

## 1.3 Критерії оцінювання

Виконання лабораторних робіт оцінюється окремо. За кожну роботу можна отримати максимум 5 балів:

– студент дав пряму і релевантну відповідь на поставлене питання з використанням обґрунтованого посилання на теоретичний матеріал та варіації зміни відповіді на зміну вхідних умов, в т.ч. у вигляді додаткових запитань (3 бали);

– оцінка ініціативності у роботі над завданням, логічності та структурованості відповіді, здатності комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, в т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним та самокритичним (2 бали).

Загальна максимальна оцінка за лабораторний практикум складає 30 балів при виконанні всіх шести завдань.



## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

### 2.1 Принципи розробки схем автоматизації технологічних процесів

Автоматизацію технологічного процесу потрібно впроваджувати поетапно, починаючи з розробки схем автоматизації процесів.

Автоматичний контроль і управління технологічними процесами повинні поліпшувати їх техніко-економічні показники. Ефективність автоматизації в кожному окремому випадку визначається конкретно розрахунками з урахуванням індивідуальних особливостей процесу, що автоматизується, але існує ряд загальних вимог, які повинна задовольняти будь-яка система автоматизації і які потрібно враховувати при розробці схем автоматизації. До цих вимог потрібно віднести:

- максимальну простоту, тобто мінімальну в межах технічної і економічної доцільності кількість функцій, що виконуються системою, і мінімальну кількість машин, приладів, пристроїв та з'єднувальних проводів, що входять у систему;

- гнучкість, тобто простий і швидкий перехід від автоматичного управління до ручного, і навпаки, можливість управління з декількох місць;

- чіткість дії як при нормальних, так і аварійних режимах,

будь-яке пошкодження в системі не повинно супроводжуватися подальшим розвитком аварії;

- використання типових засобів збору, передачі і переробки інформації, типових регуляторів, що випускаються в досить широкому асортименті приладобудівною промисловістю.

Крім того, виходячи з вимог працездатності і якості регулювання, автоматичні системи регулювання, що входять у схеми автоматизації, повинні відповідати таким вимогам:

- володіти самовирівнюванням і стійкістю, тобто здатністю повертатися в положення рівноваги після припинення дії причин, що вивели систему з цього стану;

- помилки відтворення керуючих впливів або відхилення регульованих величин через дію збурень не повинні перевищувати допустимих значень;

- помилка у регульованій величині, коли це пов'язано вимогами технологічного процесу, повинна бути в технічно і технологічно допустимих межах;

- перехідний процес протягом часу регулювання повинен бути оптимальним;

- найбільше відхилення регульованої величини від заданої в ході процесу не повинно бути більшим від певної допустимої величини, що залежить від технологічних особливостей процесу.

Якщо перехідний процес у системі має коливальний характер, то можуть висуватися вимоги щодо обмеження амплітуди або частоти коливань.

Розглянемо склад схем автоматизації процесів.

Схеми автоматизації технологічних процесів є основними технічними документами, які визначають структуру і масштаб автоматизації промислових об'єктів, початковими даними для проектування систем управління.

Схеми автоматизації включають технологічну схему, що містить основні технологічні апарати і машини, зображену в спрощеному варіанті і розташовану у верхній частині листа, і засоби автоматизації, що входять до складу систем контролю, регулювання, які наносять на схему за допомогою умовних графічних позначень і ліній зв'язку.

Схеми автоматизації, що проектуються, повинні враховувати вимоги технології і її особливості, тому в їх розробці обов'язково повинні брати участь технологи зі збагачення корисних копалин. Це підкреслює важливість даного розділу для студентів-збагачувальників.

Розглянемо правила виконання і читання схем автоматизації.

При автоматизації технологічних процесів використовується велика група приладів і засобів автоматизації, за допомогою яких здійснюють вимірювання, регулювання, управління і сигналізацію. При розробці схем автоматизації доцільно позначати елементи автоматики символічно.

Раніше для зображення схем автоматизації технологічних процесів (їх називали функціональними схемами автоматизації) використали ОСТ 36-27-77. Сьогодні застосовують позначення, встановлені ГОСТ 21.404-85 "Позначення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах", основні позначення наведені в табл. 2.1.

Для всіх постійно підключених приладів обраний пристрій зображають суцільною тонкою лінією, що з'єднує технологічний трубопровід або апарат з приладом (рис. 2.1, а).

Коли потрібно вказати конкретне місце розташування обраного пристрою (всередині контуру технологічного апарату), його позначають колом діаметром 2 мм (рис. 2.1, б).

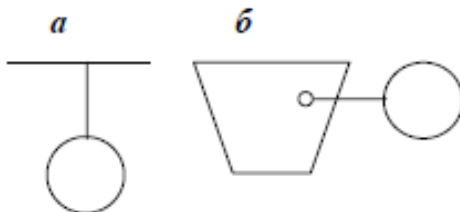




Рисунок 2.1 – Приклад відображення обраного пристрою на схемі автоматизації, що (а) постійно підключений та (б) за місцем розташування на об'єкті

Таблиця 2.1 – Умовні графічні позначення приладів і засобів

№	Назва	Позначення
1.	Прилад, встановлений поза щитом, пультом (за місцем)	
2.	Прилад, встановлений на щиті, пульті	
3.	Виконавчий механізм	
4.	Лінія зв'язку	
5.	Перетин ліній зв'язку без з'єднання	
6.	Перетин ліній зв'язку із з'єднанням між собою	
7.	Регулюючий орган	
8.	Лампа сигнальна	
9.	Звукова сигналізація дзвінок гудок	

Часто виникає необхідність на схемах автоматизації вводити умовні графічні позначення електроапаратури (сигнальні лампи, дзвінки, сирени, гудки, електродвигуни тощо), які повинні відповідати стандартам ЕСКД.

Для повного позначення приладу або засобу автоматизації на схемах в його умовне графічне позначення у вигляді кола або овалу вписують умовне буквене позначення, що визначає призначення, робочі функції і особливості роботи засобів автоматизації.

Функції, що виконуються приладом, позначають за допомогою букв (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Буквені умовні позначення функцій приладу

Позначення	Функціональні ознаки приладу		
	Відображення інформації	Формування вихідного сигналу	Додаткове значення сигналу
A	Сигналізація	-	-
C	-	Автоматичне регулювання, управління	-
H	-	-	Верхня межа
I	Показання приладу	-	-
L	-	-	Нижня межа
R	Реєстрація	-	-
S	-	Включення, відключення, переключення	-

У стандарті передбачені додаткові буквені позначення, що застосовуються для інформування про додаткові функціональні ознаки приладів, перетворювачів і обчислювальних пристроїв (табл. 2.3).

У таблиці 2.4 наведено основні буквені позначення вимірюваних величин. Ці букви в умовному позначенні приладів і засобів автоматизації стоять першими.

Таблиця 2.3 – Додаткові буквені позначення функціональних ознак приладів

Позначення	Назва	Призначення
Е	Чутливий елемент	Пристрої для первинного перетворення: термопари, терморезистори, датчики пірометрів, звукувальні пристрої витратомірів тощо
Т	Дистанційна передача	Прилади безшкальні з дистанційною передачею сигналу, манометри
К	Станція управління	Прилади, що мають перемикач виду управління ("автоматичне", "вимкнуто", "ручне")
У	Функції для обчислення	Для побудови і позначення перетворювачів сигналів та обчислювальних пристроїв

Таблиця 2.4 – Основні буквені позначення вимірюваних величин

Позначення	Вимірювана величина	
	Основна назва вимірюваної величини, основне значення першої букви в позначенні	Додаткова назва, що уточнює вимірювану величину
D	Густина	Різниця, перепад
E	Будь-яка електрична величина	-
F	Витрати	Співвідношення, частка
G	Розмір, положення, переміщення	-
H	Ручний вплив, задана величина	-
J	-	Автоматичне переключення, огинання
K	Час, часова програма	-
L	Рівень	-
M	Вологість	-
P	Тиск, вакуум	-
Q	Величина, яка характеризує якість (зольність, концентрація)	Інтегрування, додавання в часі
R	Радіоактивність	-
S	Швидкість, частота	-
T	Температура	-
U	Декілька різних вимірюваних величин	-
V	В'язкість	-
W	Маса	-

## 2.2 Принципи побудови умовних позначень елементів автоматики

Загальний принцип побудови умовного позначення приладу автоматики показано на рис. 2.2.

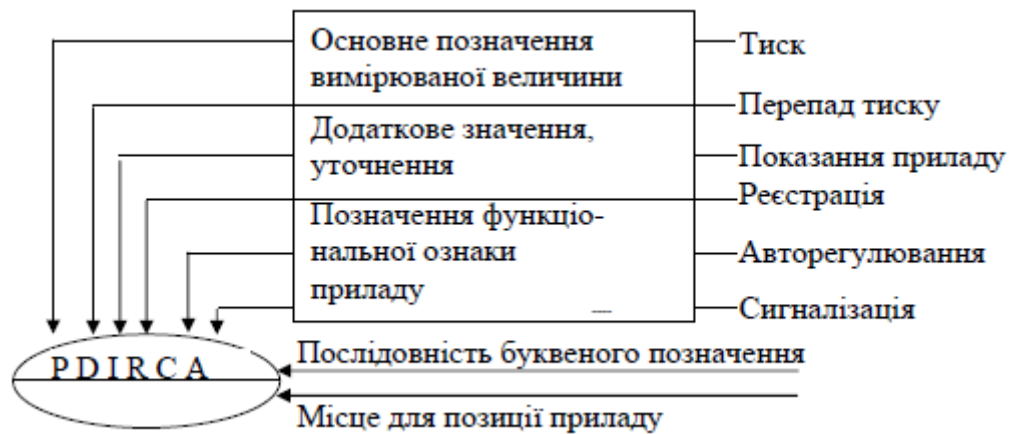


Рисунок 2.2 - Принцип побудови умовного позначення приладу

У відповідності з ГОСТ 21 404-85, побудову умовних позначень приладів і засобів автоматизації можна виконати двома способами: спрощеним і розгорненим.

Прилади і засоби автоматизації, які здійснюють функції вимірювання, регулювання, сигналізації і виконані у вигляді окремих блоків, для спрощення на схемах подають одним умовним позначенням. При цьому первинні вимірювальні перетворювачі і допоміжну апаратуру не зображують.

При розгорненому методі побудови умовних зображень кожний прилад, блок, вхідний, регулюючий або керуючий комплект засобів автоматизації зображують окремим умовним позначенням.

Приклад фрагмента схеми автоматизації при різних методах позначень засобів автоматизації наведено на рис. 2.3.

На схемі "а" всі елементи системи контролю і регулювання рівня умовно зібрані в єдиний елемент (LIRC), на схемі "б" показані чутливий елемент первинного датчика рівня з перетворювачем і дистанційною передачею показань приладів (LET), реєструючий вторинний прилад (LIR), регулятор рівня (LC) і задатчик (H). Тут первинний датчик рівня (LET) розташовується за місцем (на об'єкті), а нижні прилади – на пульті (на приладах показано горизонтальний діаметр).

Підведення лінії зв'язку до приладу здійснюють в будь-якій точці графічного позначення (зверху, знизу, збоку). Якщо необхідно вказати напрям передачі сигналу, то на лінії зв'язку наносять стрілки.

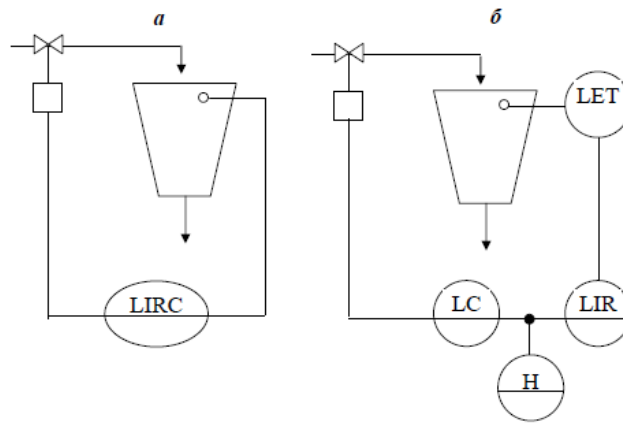


Рисунок 2.3 - Приклад побудови спрощеної (а) і розгорнутої (б) схеми автоматизації рівня середовища у об'єкті

Таким чином, умовні позначення приладів і засобів автоматизації, що застосовуються в схемах автоматизації, включають графічні, буквені і цифрові позначення (на рис. 2.3 цифрові позначення позиції приладів не показані). При цьому у верхню частину графічного зображення (коло, овал) вписують буквене позначення вимірюваної величини і функціональної ознаки приладу, що визначають його значення, а в нижню частину вписують позиційне позначення приладу або комплекту засобів автоматизації.

В умовному буквеному позначенні прийнято наступний порядок розташування букв: основне позначення вимірюваної величини; позначення функціональних ознак приладу.

У системах автоматичного контролю, регулювання і управління широко використовують пристрої ручного управління: ключі управління для вибору роду роботи системи (автоматичне, ручне, вимкнено), кнопки ("Більше", "Менше"), перемикачі, задатчики і ін. Буквені позначення таких пристроїв, виконаних у вигляді блоків і призначених для ручних операцій, незалежно від того, до складу якого компонента вони входять, повинні починатися з букви Н.








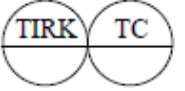
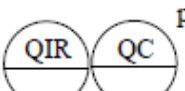
У табл. 2.5 наведено приклади умовних позначень таких пристроїв.

Таблица 2.5 - Умовні позначення пристроїв ручного управління

Умовні позначення пристрою на схемі	Характеристика умовного позначення пристрою
	Апаратура, призначена для ручного управління (включення, відключення двигуна, задання регулятора)
	Ручний перемикач (вибір режиму роботи системи регулювання)
	Апаратура для ручного управління, обладнана пристроєм сигналізації і встановлена на щиті, наприклад, кнопка з вбудованою лампочкою

У табл. 2.6 показано приклади побудови і читання умовних позначень приладів для контролю різних технологічних параметрів.

Таблиця 2.6 - Приклади позначень приладів контролю параметрів


Умовні позначення пристрою на схемі	Характеристика умовного позначення пристрою
	Первинний вимірювальний перетворювач (чутливий елемент) для вимірювання температури, встановлений за місцем (термопара, терморезистор)
	Прилад контролю температури, безшкальний, з дистанційною передачею показань, встановлений за місцем, наприклад, термометр манометричний безшкальний
	Регулятор тиску, безшкальний, встановлений за місцем, наприклад, регулятор прямої дії
	Прилад для вимірювання тиску, безшкальний, з контактним пристроєм, наприклад, реле тиску, (включення, виключення), встановлений за місцем
	Прилад для вимірювання тиску, зі шкалою, контактним пристроєм, встановлений за місцем, наприклад, шкальний манометр з електричними контактами
	Пускова апаратура (магнітні пускачі, контактори і ін.)
	Прилад для вимірювання рівня, шкальний, з сигналізацією, верхнього та нижнього рівнів, встановлений на щиті
	Комплект для вимірювання і регулювання температури, шкальний, реєструючий, зі станцією управління, встановлений на щиті, наприклад, вторинний прилад КСП з вбудованим регулятором
	Комплект для вимірювання і регулювання якості (рН середовища), шкальний, реєструючий, встановлений на щиті

### 2.3 Особливості виконання і читання схем автоматизації

У верхній частині поля креслення зображують технологічне обладнання і комунікації у спрощеному вигляді, без зазначення технологічних апаратів і трубопроводів допоміжного призначення. На технологічних трубопроводах показують ту регулюючу і запірну арматуру, яка бере безпосередню участь у контролі й управлінні процесом. Технологічні апарати і трубопроводи на схемі автоматизації зображають відповідно до вимог стандартів.

Якщо автоматизований вузол містить декілька однотипних машин, то на схемі показується одна машина.

Прилади, засоби автоматизації на схемах автоматизації технологічних процесів показують за ГОСТ 21.404-85.



Щити і пульти систем контролю і регулювання технологічних процесів зображають на схемах у нижній частині поля креслення у вигляді прямокутників, розміри яких визначаються місцем, необхідним для зображення в них умовних графічних позначень приладів і засобів автоматизації, що на них встановлюються.

Керуючі машини і машини централізованого контролю (при їх наявності) зображають також у вигляді прямокутників і розташовують на полі креслення нижче за зображення щитів.

Рекомендується наступна послідовність розробки схеми автоматизації:

1. Ретельно вивчається технологічна схема автоматизованого вузла.
2. Визначаються основні об'єкти контролю і регулювання.
3. У кожному об'єкті виділяються технологічні чинники, які необхідно тільки контролювати.
4. Вибираються способи контролю технологічних чинників (безперервний, дискретний, з сигналізацією верхнього або нижнього значення, спосіб сигналізації тощо).
5. Визначаються чинники, які необхідно регулювати (стабілізувати).
6. Для кожного регульованого чинника вибирають вхідний канал управління, тобто визначають, варіювання якого параметра найбільш ефективно призведе до зміни регульованого чинника.

## **2.4 Контрольні запитання**

Загальні вимоги до системи автоматизації, які потрібно враховувати при розробці схем автоматизації?

Вимоги, що забезпечують працездатність і якість регулювання автоматичних системи регулювання?

Які види перехідних процесів у системі керування існують?

Якщо перехідний процес у системі має коливальний характер, то які обмеження водяться?

Склад схем автоматизації процесів?

Що таке технологічна схема автоматизації?

Що таке функціональна схема автоматизації?


Основні правила виконання і читання схем автоматизації?

Як позначаються пристрої на схемі автоматизації, що постійно підключені, а також ті, що мають певне місце розташування всередині контуру технологічного апарату?

Які умовні графічні позначення приладів і засобів застосовуються на схемах автоматизації?

Які буквені умовні позначення функцій приладу використовуються?

Які додаткові буквені позначення функціональних ознак приладів існують?



Які основні буквені позначення вимірюваних величин використовуються?

Загальний принцип побудови умовного позначення приладу автоматички.

Які умовні позначення пристроїв ручного управління використовують?

Які позначення приладів контролю параметрів бувають?

Основні особливості виконання і читання схем автоматизації?

Яка рекомендована послідовність розробки схеми автоматизації?

### 3 ПРИКЛАД ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМУ

#### 3.1 Побудова алгоритму (блок-схеми) блоку початкової інформації

**Мета роботи:** побудувати блок-схему алгоритму частини програми системи управління технологічним процесом, що забезпечує введення початкових даних.

##### **Завдання:**

1. Скласти короткий опис ТП;
2. Скласти перелік умовних позначень усіх параметрів;
3. Вибрати та обґрунтувати константи та змінні;
4. Скласти словесний алгоритм;
5. Побудувати блок-схему алгоритму;
6. Перевірити складений алгоритм.

##### **Хід виконання роботи.**

Схема обраної технологічної установки наведена на рис. 3.1.

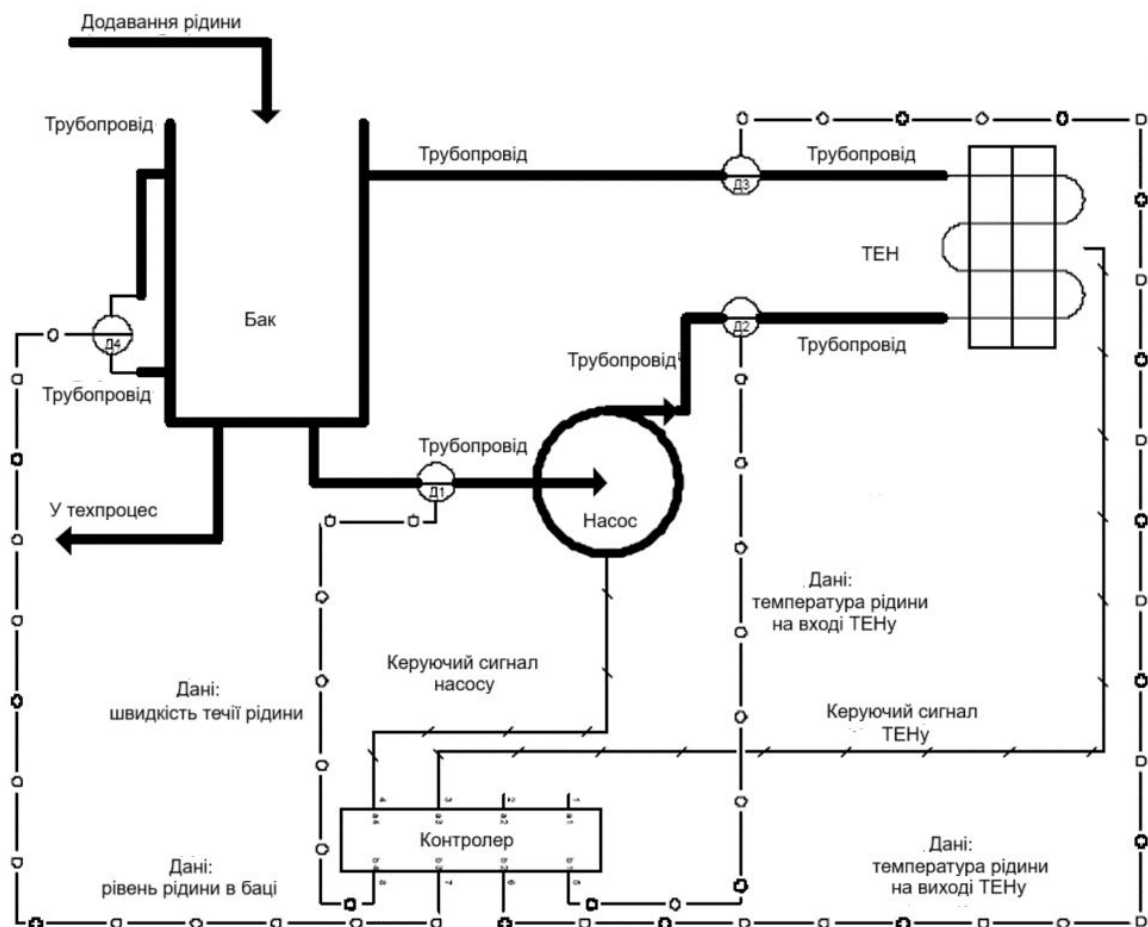


Рисунок 3.1 - Схема технологічної установки

Відповідно до схеми досліджуваної технологічної установки складається функціональна схема автоматизації, що наведена на рис. 3.2.

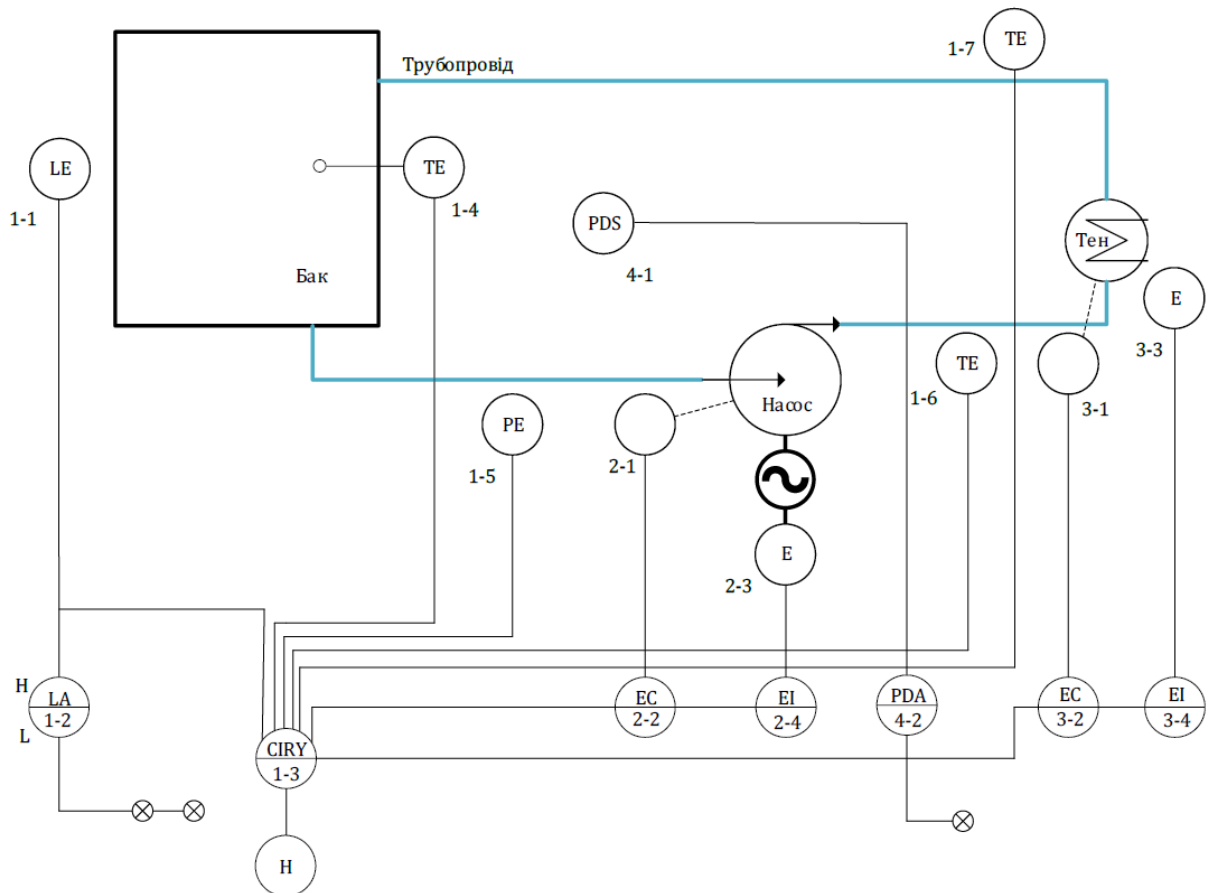


Рисунок 3.2 – Функціональна схема автоматизації

У роботі розглядається контур керування підтримкою циркуляцією та температури робочої рідини в баку.

Рідина перекачується насосом замкнутим на бак трубопроводу через ТЕН. У контурі встановлені три датчики: датчик швидкості протікання рідини; датчик температури робочої рідини до нагрівача; датчик температури робочої рідини після нагрівача.

Інформація від датчиків надходить на контролер. Контролер, аналізуючи інформацію, отриману від датчиків, розраховує значення управляючих впливів: керуючий сигнал насоса; керуючий сигнал ТЕНу.

Завдання системи управління - підтримання номінальної температури робочої рідини.

Граничні значення температур ( $T_{min}$  та  $T_{max}$ ) обумовлені стійкістю властивостей робочої рідини.

Граничні значення швидкості протікання рідини ( $V_{min}$  і  $V_{max}$ ) зумовлені технічними параметрами трубопроводів та насоса.

Значення номінальної температури, що вводиться користувачем, перевіряється контролером на належність доведеному діапазону.

Умовні позначення елементів схеми зведені до табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Умовні позначення елементів схеми

Позначення	Опис
Д1	Датчик швидкості протікання рідини
Д2	Датчик температури робочої рідини до нагрівача
Д3	Датчик температури робочої рідини після нагрівача
Д4	Датчик рівня рідини у баку
Н	Насос
Т	Термо-електричний нагрівач (ТЕН)
К	Контролер

Константи та змінні системи зведені до табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Константи та змінні системи

№ п/п	Найменування параметру	Умовне позначення
1	Температура номінальна	$vT_{nom}$
2	Температура максимальна	$vT_{max}$
3	Температура мінімальна	$vT_{min}$
4	Температура на датчику Д2	$vT_{do}$
5	Температура на датчику Д3	$vT_{posle}$
6	Потужність насоса максимальна	$vP_{nas\_max}$
7	Потужність насоса мінімальна	$vP_{nas\_min}$
8	Потужність ТЕНу	$vP_{ten}$
9	Потужність ТЕНу максимальна	$vP_{ten\_max}$
9	Рівень рідини у баку фактичний	$vUrov$
10	Рівень рідини у баку мінімальний	$vUrov\_min$
11	Швидкість нагріву ТЕНом рідини, що пройшла через нього за 1 хвилину при незмінній потужності насоса	$vSkor\_T$
12	Граничне мінімальне значення температури	$T_{min}$
13	Граничне максимальне значення температури	$T_{max}$
14	Граничне мінімальне значення швидкості протікання рідини	$V_{min}$
15	Граничне максимальне значення швидкості протікання рідини	$V_{max}$

Аналіз роботи блоку початкової інформації (словесний алгоритм):

1. Необхідно визначити константи такі як:  $vT_{max}$ ,  $vT_{nom}$ ,  $vP_{nas\_max}$ ,  $vP_{nas\_min}$ ,  $vUrov\_min$ ;
2. Виведення повідомлення "Введіть номінальну температуру";
3. Введення  $vT_{nom}$ ;
4. Перевірити, чи введена номінальна температура в межах мінімальної та максимальної температур. Якщо номінальна температура

задовольняє умову  $vT_{max} > vT_{nom} > vT_{min}$  здійснюється перехід до блоку запуску системи, інакше виводиться повідомлення про невідповідність веденої номінальної температури і пропонується повторити введення  $vT_{nom}$ .

Розроблена блок-схема алгоритму блоку початкової інформації наведена на рис. 3.3.

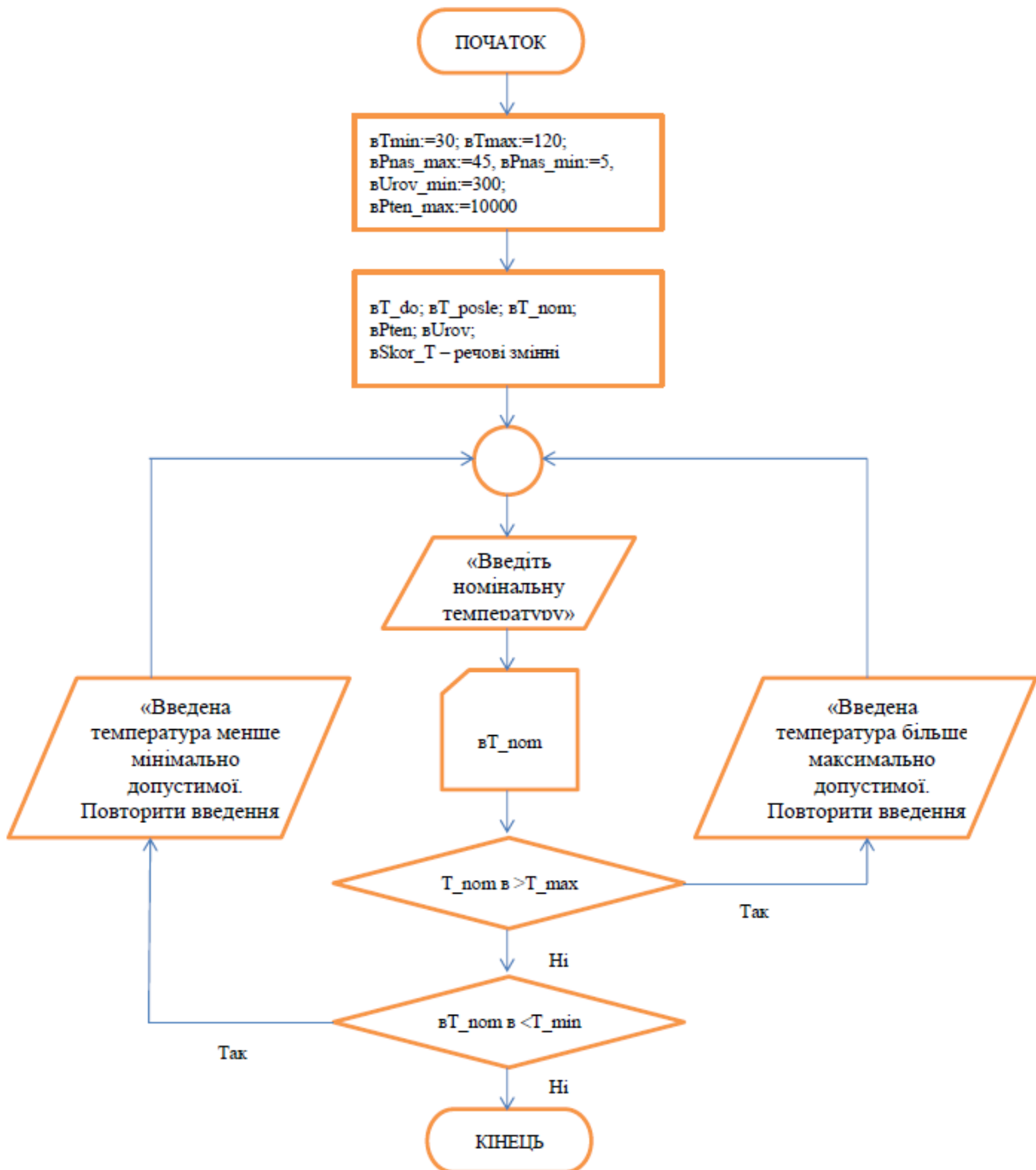



Рисунок 3.3 – Блок-схема введення початкової інформації



Зробимо перевірку алгоритму роботи блоку за умов встановлення значень констант:  $vT_{max}=120$ ;  $vT_{nom}=80$ ;  $P_{nas\_max}=45$ ;  $vP_{nas\_min}=5$ ;  $vU_{rov\_min}=200$ .

Пропонується встановити номінальну температуру. Вводимо 20.

Система виводить повідомлення: «Введена вами температура менша мінімально допустимого значення. Повторіть введення».

Знову пропонується ввести номінальну температуру. Вводимо 120.

Система виводить повідомлення: Введена вами температура перевищує максимально допустиме значення. Повторіть введення».

Знову пропонується ввести номінальну температуру. Вводимо 80.

Система переходить до блоку запуску.

Робиться висновок, що розроблений алгоритм роботи блоку відповідає умовам його нормального функціонування.

### **3.2 Побудова алгоритму (блок-схеми) блоку запуску системи**

**Мета роботи:** побудувати блок-схему алгоритму частини програми системи управління технологічним процесом, що забезпечує запуск агрегатів.

#### **Завдання:**

1. Визначити та обґрунтувати порядок запуску агрегатів;
2. Визначити та обґрунтувати необхідність урахування поточного стану системи для запуску обладнання;
3. Визначити та обґрунтувати значення регульованих параметрів, з якими будуть запуснені агрегати;
4. Скласти блок-схему алгоритму запуску обладнання;
5. Перевірити алгоритм, за результатами розрахунків побудувати перехідну характеристику установки.

#### **Хід виконання роботи.**

Аналізуємо порядок запуску агрегатів.

Першим буде запуснено насос. ТЕН запускати першим не можна, оскільки він почне нагрівати нерухому рідину. У цьому випадку може відбутися різке перегрівання рідини навколо ТЕНу, що може призвести до критичних наслідків. Тільки після запуску насоса буде запуснено ТЕН.

Робимо облік поточного стану системи для запуску обладнання.

Перед запуском системи необхідно перевірити рівень рідини у баку. Якщо він нижче максимально допустимого значення, то систему запускати не можна.

Визначаємо значення регульованих параметрів, із якими будуть запуснені агрегати.

Запуск насоса проводиться максимально дозволена потужність, що визначається конструкцією трубопроводу, тобто. на величину  $vP_{nas\_max}$ . Робиться це для того, щоб забезпечити максимальну швидкість циркуляції рідини через ТЕН. Запуск ТЕНу буде здійснено лише на 1%. Це пов'язано з тим, що його можливості нагрівання невідомі.

Розроблена блок-схема алгоритму запуску системи наведена на рис. 3.4.

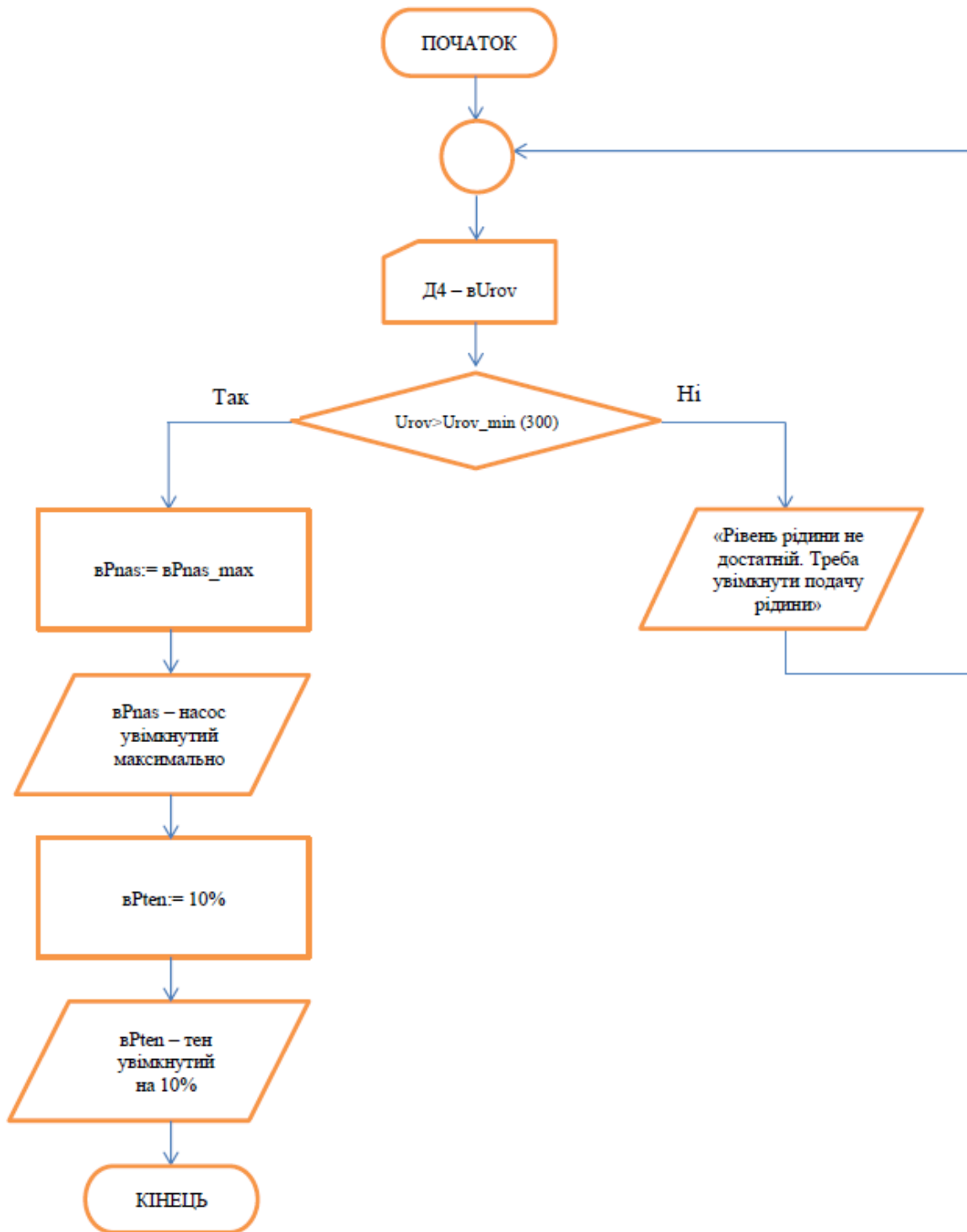



Рисунок 3.4 - Блок схема запуску системи



Зробимо перевірку алгоритму роботи блоку.  
Перевіряється значення рівня рідини у баку (датчик Д4).  
Умовно сприймаємо, що датчик показав значення 15.  
Вводиться повідомлення «Рівень рідини малий. Необхідно включити подачу рідини.  
Умовно сприймаємо, що датчик показав значення 350.  
Насос починає працювати з потужністю в  $P_{nas} = vP_{nas\_max}$ .  
ТЕН починає працювати з потужністю 1%.

Робиться висновок, що розроблений алгоритм роботи блоку відповідає умовам його нормального функціонування.

### 3.3 Побудова алгоритму (блок-схеми) блоку регулювання

**Мета роботи:** побудувати блок-схему алгоритму частини програми системи управління технологічним процесом, що забезпечує регулювання роботи агрегатів.

#### **Завдання:**

1. Побудувати блок-схему алгоритму частини програми системи управління технологічним процесом, що забезпечує регулювання роботи агрегатів;
2. Визначити перелік регульованих параметрів;
3. Визначити та обґрунтувати порядок опитування датчиків та обробки одержуваної інформації;
4. Визначити та обґрунтувати способи розрахунку значень регульованих параметрів та регулюючих функцій;
4. Скласти блок-схему алгоритму запуску обладнання;
5. Перевірити алгоритм.

#### **Хід виконання роботи.**

Визначається перелік параметрів, що регулюються, й наводиться табл. 3.3.

Порядок опитування датчиків та обробки отриманої інформації.

На початку опитуються датчики Д2 та Д3 – температура рідини до і після ТЕНу відповідно. Їхнє опитування необхідне для обчислення швидкості нагрівання рідини ТЕНом при максимальних обертах насоса.

Після цього починається цикл регулювання.

Першим у циклі перевіряється різниця між номінальною температурою та температурою до ТЕНу (датчик Д2). Якщо ця різниця більше 0,05 (5%), то потрібне регулювання.

Знаючи різницю між номінальною і фактичною температурою, а також швидкість нагрівання рідини ТЕНом, обчислюється потужність на

яку необхідно включити ТЕН, щоб на виході отримати рідину з номінальною температурою.

Це – ітераційний процес, який продовжується до отримання номінальної температури ( $\pm 5\%$ ). Після чого ТЕН вимикається або переводиться на мінімальну потужність. При зменшенні температури рідини менше ніж на 5% від номінальної, треба відновити інтенсивний нагрів рідини.

Таблиця 3.3 - Перелік регульованих параметрів

№ з/п	Параметр	Діапазон	Реакція системи керування
1	$vP_{ten}$	0..10 000	Якщо розрахункова потужність ТЕНу перевищує його максимально допустиму, система не враховує розрахункову і включає ТЕН на максимально-допустиму потужність.
2	$vP_{nas}$	0..100	Система керування використовує лише два значення цього параметра, які входять до зазначеного інтервалу. Це $vP_{nas \min}$ і $vP_{nas \max}$ - константи.

Способи розрахунку значень параметрів, що регулюються.

Так як швидкість протікання рідини і потужність ТЕНу - це фактори, які обидва впливають на температуру, то для спрощення регулювання необхідно один з них залишити постійним. Тобто, встановлюючи певну швидкість протікання рідини, регулювання системи температури можна здійснювати зміною потужності ТЕНа.

Розрахунок необхідної потужності ТЕНу за постійної температури здійснюється наступним чином:

- обчислюється швидкість нагрівання ТЕНом рідини, за одиницю часу (хвилина), при незмінній швидкості обертання насоса.

$$vSkor\_T := vP_{ten} / (vT\_posle - vT\_do);$$

- після цього обчислюється потужність ТЕНу, необхідна нагрівання рідини. Швидкість нагрівання рідини множиться на різницю номінальної та фактичної температури:

$$vP_{ten} := (vT_{nom} - vT\_do) * vSkor\_T.$$

Приймається, що швидкість остигання рідини в циклі нагріву знаходиться в межах 15...25 °С за хвилину.

Розроблена блок-схема алгоритму регулювання системи наведена на рис. 3.5.

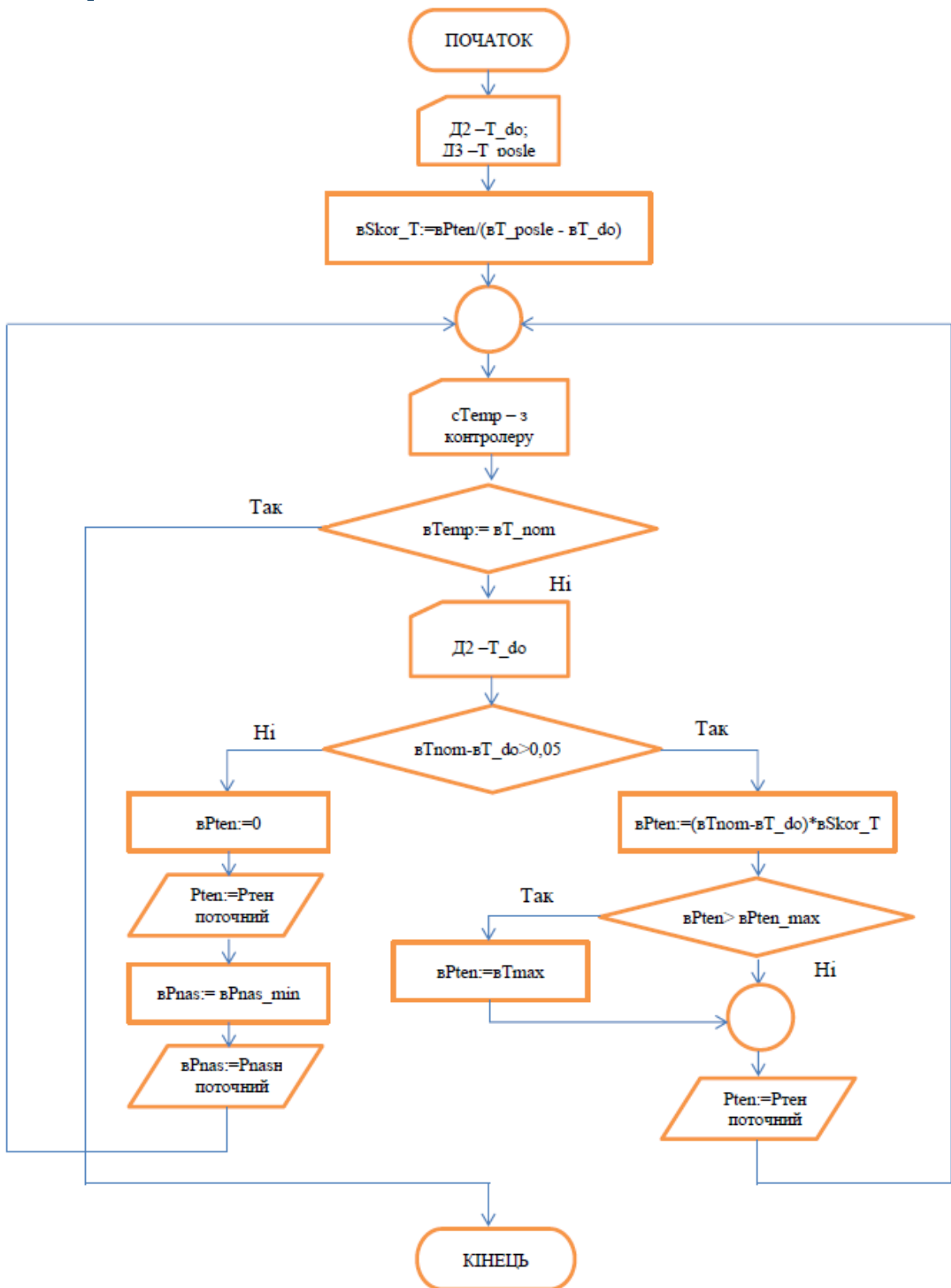


Рисунок 3.5 – Блок-схема алгоритму регулювання системи управління

Робимо перевірку алгоритму роботи блоку регулювання.

Результати перевірки алгоритму роботи блоку регулювання наведені в табл.3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахунок швидкості нагрівання рідини

Хвилини	Температура до ТЕНу	Температура після ТЕНу	Потужність ТЕНу
1	15	15	10000,00
2	15,08	64,69	9334,00
3	21,69	71,22	9321,00
...			
40	28,30	71,27	4219,00
...			
49	76,55	80,00	208,00

За результатом розрахунку процесу регулювання нагрівання рідин в баку побудована перехідна характеристика установки (рис.3.6).

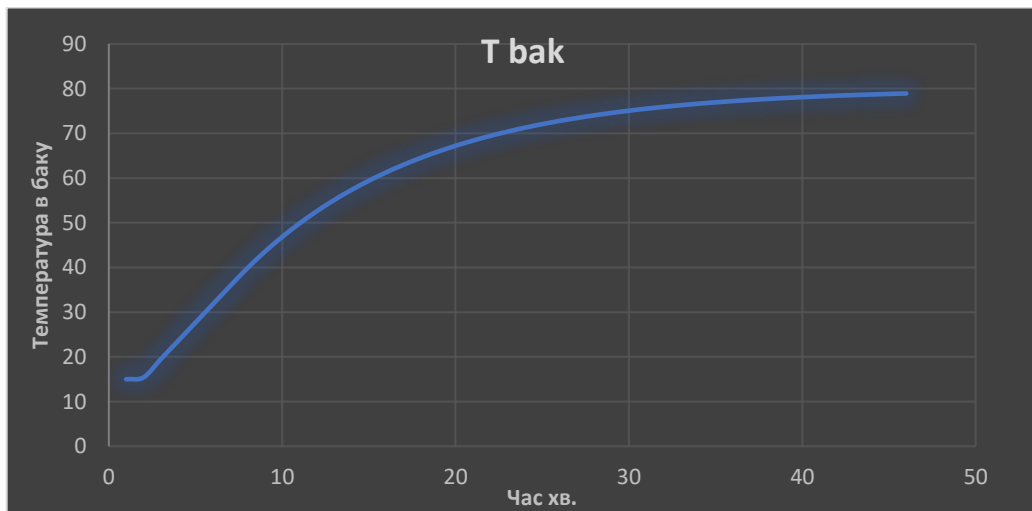


Рисунок 3.6 – Перехідна характеристика установки

Робиться висновок, що розроблений алгоритм роботи блоку відповідає умовам його нормального функціонування.

### 3.4 Побудова алгоритму (блок-схеми) блоку відключення системи

**Мета роботи:** побудувати блок-схему алгоритму частини програми системи управління технологічним процесом, що забезпечує відключення системи.

#### Завдання:

1. Визначити порядок відключення керованих агрегатів;
2. Визначити та обґрунтувати параметри, які необхідно контролювати у процесі відключення;
3. Скласти словесний алгоритм;

4. Скласти блок-схему алгоритму відключення установки;
5. Перевірити складений алгоритм.

### Хід виконання роботи.

Визначається порядок вимкнення керованих агрегатів.

Керованих агрегатів у системі два. Першим потрібно відключити ТЕН, так якщо відключити насос, ТЕН при стоячій рідині може згоріти. Отже, порядок відключення такий – с початку ТЕН, а потім насос.

Визначаються параметри для контролю у процесі відключення.

У цій системі параметри, які необхідність контролювати у процесі відключення відсутні.

Складаємо словесний алгоритм.

Спочатку вимикається ТЕН ( $vP_{ten}=0$ ) й контролюється факт його відключення візуальною оцінкою поточного значення потужності ТЕНу, яке має бути нульовим.

Далі вимикається насос ( $vP_{nas}=0$ ) й контролюється факт його відключення візуальною оцінкою поточного значення потужності насосу, яке має бути нульовим.

Установка не працює, система відключена.

Складаємо блок-схему алгоритму відключення установки.

Блок-схема алгоритму вимкнення установки наведена на рис. 3.7.

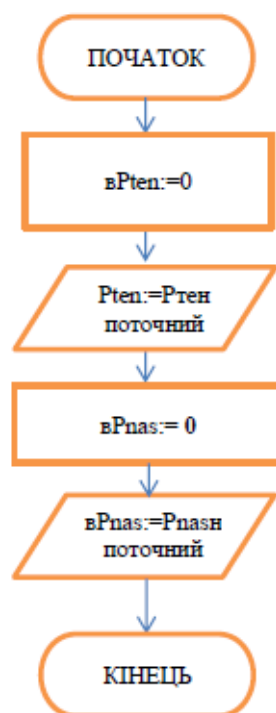



Рисунок 3.7 - Блок-схема алгоритму відключення установки



Додатково можливо додавання умов для перевірки факту відключення виконавчих механізмів (в цьому прикладі не робиться).

Перевіряємо складений алгоритм.

Вимикається ТЕН ( $vP_{ten}=0$ ). Далі виводиться на контролер інформація про поточне значення потужності ТЕНу, яка має бути нульовою.

При значенні потужності  $vP_{ten}=0$  вимикається насос ( $vP_{nas}=0$ ). Далі виводиться на контролер інформація про поточне значення потужності насосу, яка має бути нульовою.

Якщо поточне значення потужності ТЕНу та насосу дорівнюють нулю, установка і система вважаються відключеними.

Робиться висновок, що розроблений алгоритм роботи блоку відповідає умовам його нормального функціонування.

### **3.5 Складання повного алгоритму керуючої програми та побудова перехідної характеристики**

#### **Мета роботи:**

- скласти повний алгоритм керуючої програми та провести його аналіз відповідно особливостей роботи системи;
- побудувати та зробити аналіз перехідної характеристики системи.

#### **Завдання:**

1. За результатами попередніх робіт скласти повний алгоритм програми системи, що управляє об'єктом;
2. Зімітувати роботу системи на спрощеній моделі (аналітично або з використанням спеціалізованого програмного забезпечення), керуючи нею відповідно до складеного алгоритму, побудувати перехідну характеристику системи;
3. Зробити висновки щодо ефективності складеного алгоритму.

#### **Хід виконання роботи.**

Повний алгоритм керуючої програми системи, що управляє об'єктом, складається з розроблених блок-схем окремих її блоків, поєднаних у відповідному порядку. Приклад складання повного алгоритму роботи системи наведений на рис. 3.8.

Додатково (рис. 3.9) наводиться приклад складання повного алгоритму керуючої програми системи, що управляє об'єктом, складений з використанням підпрограм, поєднаних у відповідному порядку. У якості підпрограм виступають розроблені блок-схеми окремих її блоків, оформлених у відповідному вигляді.

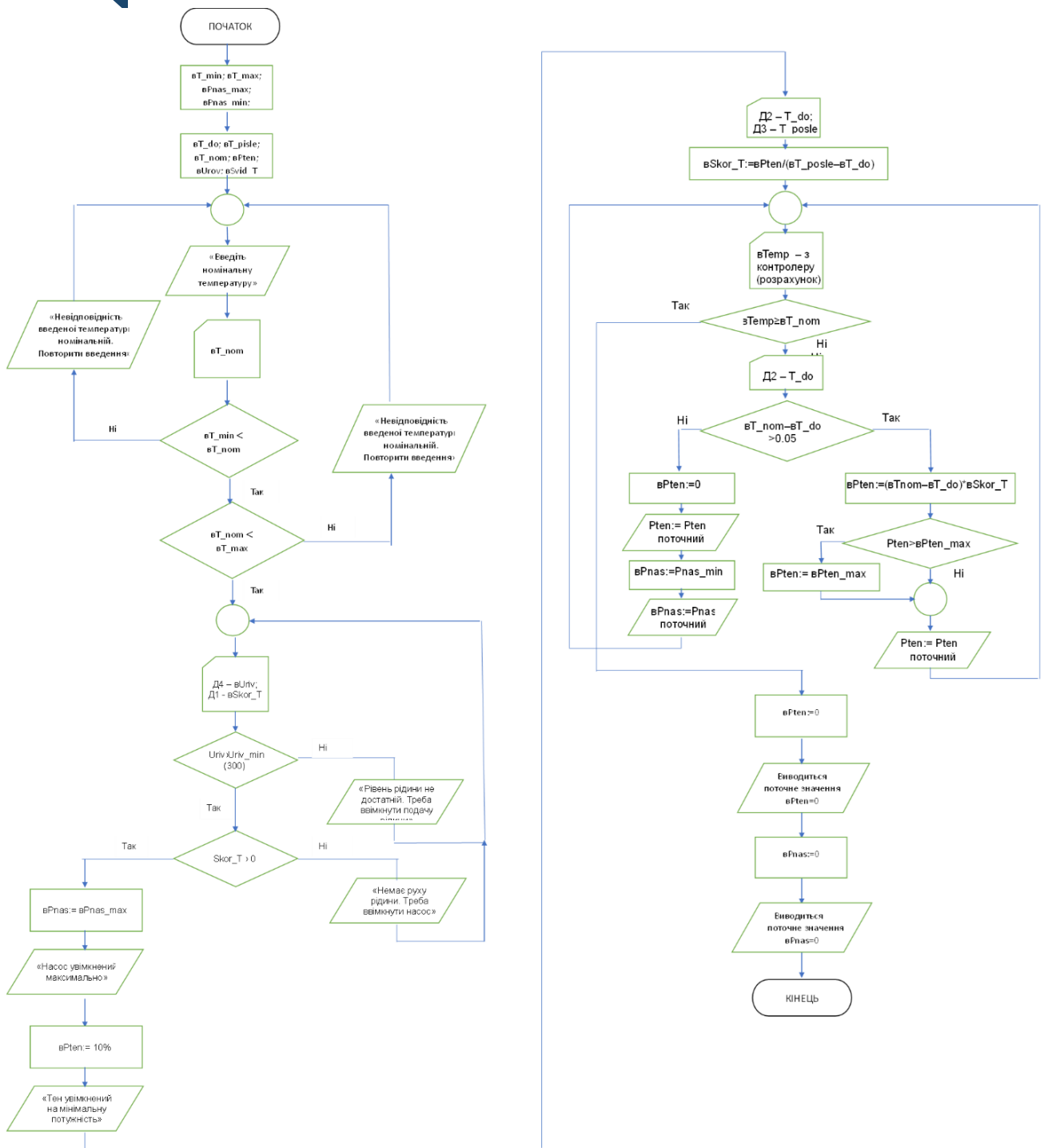


Рисунок 3.8 – Блок-схема алгоритму керуючої програми

Проводиться імітація роботи системи з урахуванням алгоритму керуючої програми.

Відповідно до процесу регулювання параметрів установки – температури – відтворюється графік зміни регульованої величини (рис. 3.10). Цей графік представляє перехідну характеристику системи.

За вихідні дані слід взяти отримані у попередній роботі розрахункові значення (див. табл. 3.4).

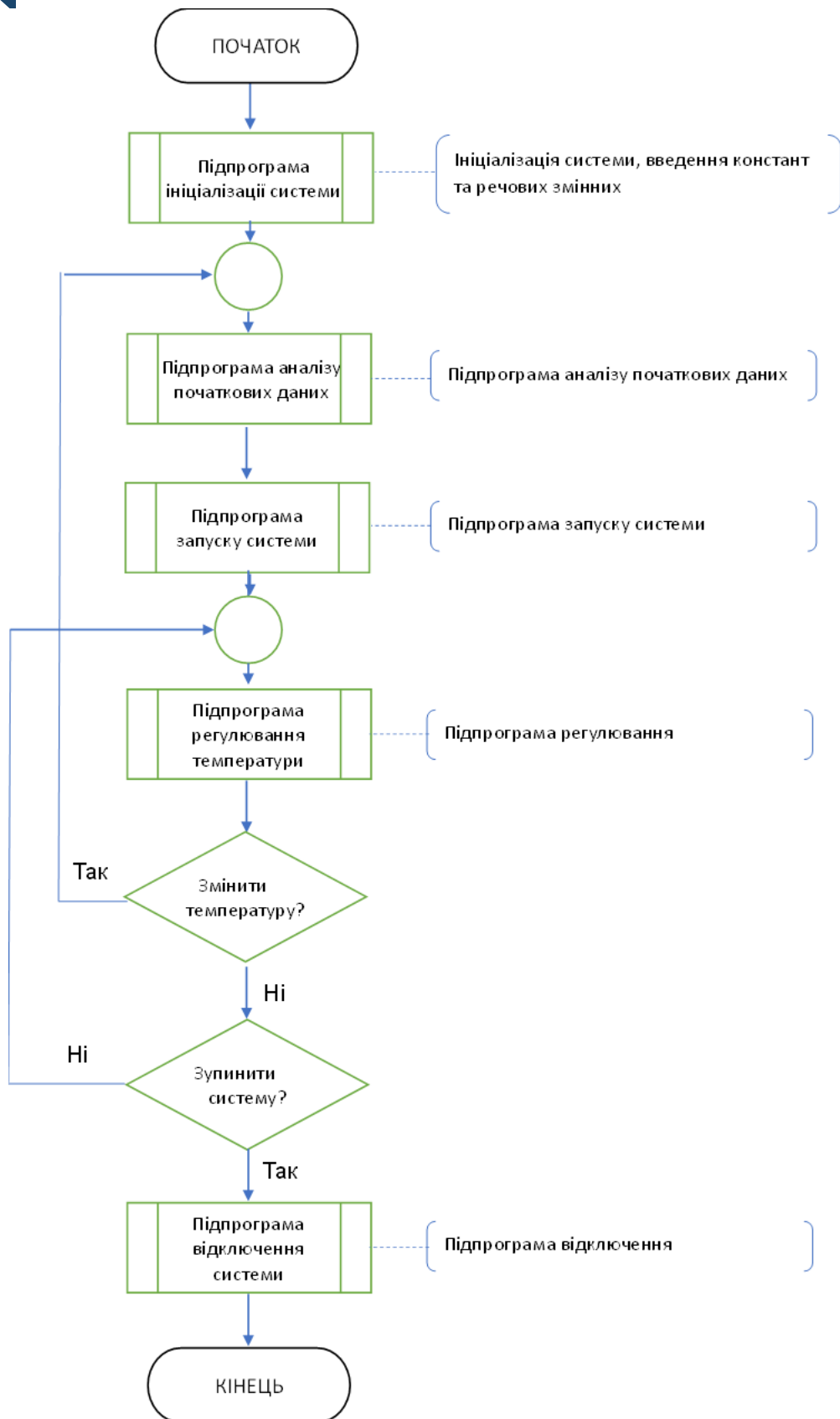


Рисунок 3.9 - Повний алгоритм роботи системи з використанням підпрограм

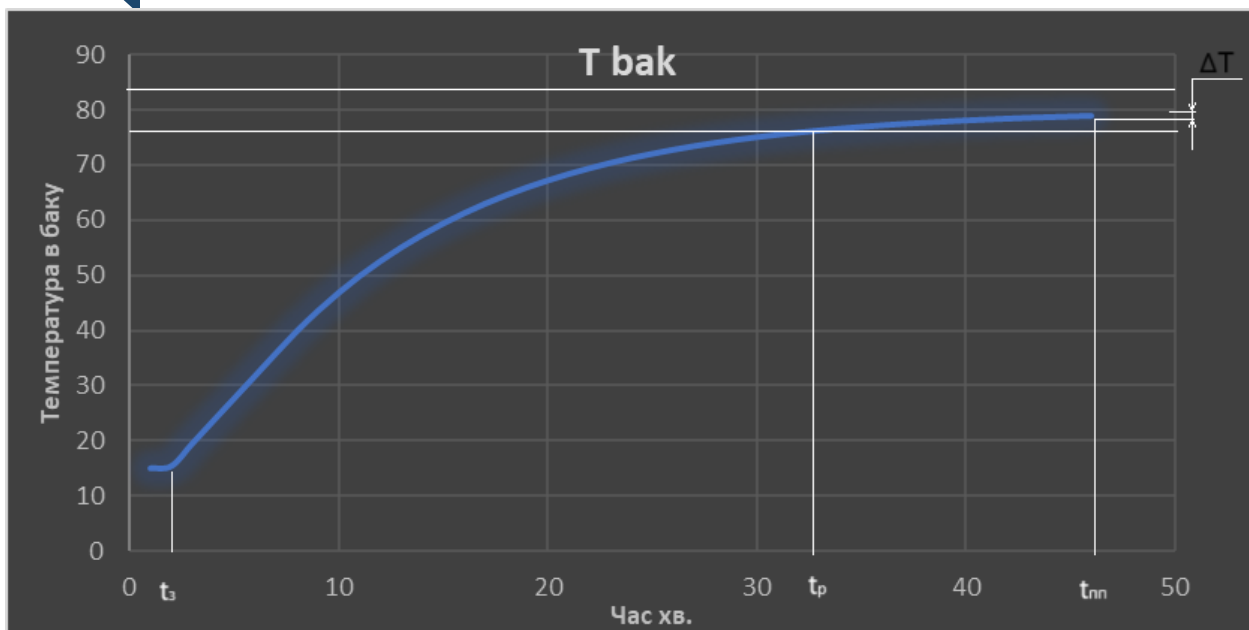


Рисунок 3.10 – Перехідна характеристика установки

За результатами проведених попередньо розрахунків проводиться аналіз графіку переходної характеристики:

- встановлюємо час запізнення  $t_z=2$  хв;
- встановлюємо час регулювання  $t_p=32$  хв;
- встановлюємо час переходного процесу  $t_{пп} = 46$ хв;
- точність регулювання параметру  $\Delta T=1,5^\circ\text{C}$ .

Далі проводиться аналіз отриманих результатів:

- після встановлення температури (через  $t_{пп}=46$ , хв) треба насос перевести на мінімум;
- після витримки часу після встановлення температури (через  $2 \cdot t_{пп}$ , хв) можна виключити установку;
- робиться висновок про ефективність складеного алгоритму, наприклад, що алгоритм ефективний при «м'якому» регулюванні.

Робиться висновок, що розроблений загальний алгоритм роботи системи відповідає умовам нормального функціонування об'єкта керування.

### 3.6 Побудова схеми інформаційних потоків у системі

**Мета роботи:** скласти схему інформаційних потоків в системі.

**Завдання:**

1. Скласти перелік усіх джерел та приймачів інформації в системі;
2. Визначити порядок руху інформації в системі, що керується за раніше складеним алгоритмом;

3. Визначити спосіб перенесення інформації між кожною парою джерело-приймач;

4. За результатами попередніх робіт та на підставі схеми установки побудувати схему інформаційних потоків;

5. За складеною схемою визначити та обґрунтувати центральну інформаційну ланку.

### Хід виконання роботи.

Перелік всіх джерел та приймачів інформації в системі, порядок руху інформації у системі, керованої за раніше складеним алгоритмом, а також спосіб перенесення інформації між кожною парою джерело-приймач наведений в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Перелік джерел та приймачів інформації в системі

Джерело інформації	Приймач інформації	Спосіб передачі інформації	Вид інформації	Фізична величина, що несе інформацію
Рідина	Датчик Д1	Рух рідини	Швидкість руху	Рух рідини
Рідина	Датчик Д2	Теплообмін	Температура	°С
Рідина	Датчик Д3	Теплообмін	Температура	°С
Рідина	Датчик Д4	Змін. рівня рідини	Змін. парам. змін. рівня.	Об`єм
Датчик Д1	Контролер	Провідник ел.	Аналогова	Напруга
Датчик Д2	Контролер	Провідник ел.	Аналогова	Напруга
Датчик Д3	Контролер	Провідник ел.	Аналогова	Напруга
Датчик Д4	Контролер	Провідник ел.	Аналогова	Напруга
Клавіатура	Контролер	Провідник ел.	Числова	Напруга
ТЕН	Рідина	Теплообмін	Температура	°С
Насос	Рідина	Тиск	Швидкість	Швидкість
Контролер	ТЕН	Провідник ел.	Потужність	%
Контролер	Насос	Провідник ел.	Потужність	%
Контролер	Дисплей	Провідник ел.	Текст	

За результатами попередніх робіт та на підставі схеми установки будуюмо схему інформаційних потоків, яка приведена на рис. 3.11.

Робиться висновок, що аналіз схеми інформаційних потоків в системі показав, що центральною інформаційною ланкою є контролер. Цей елемент має найбільше зв'язків і виконує всі обчислювальні функції.

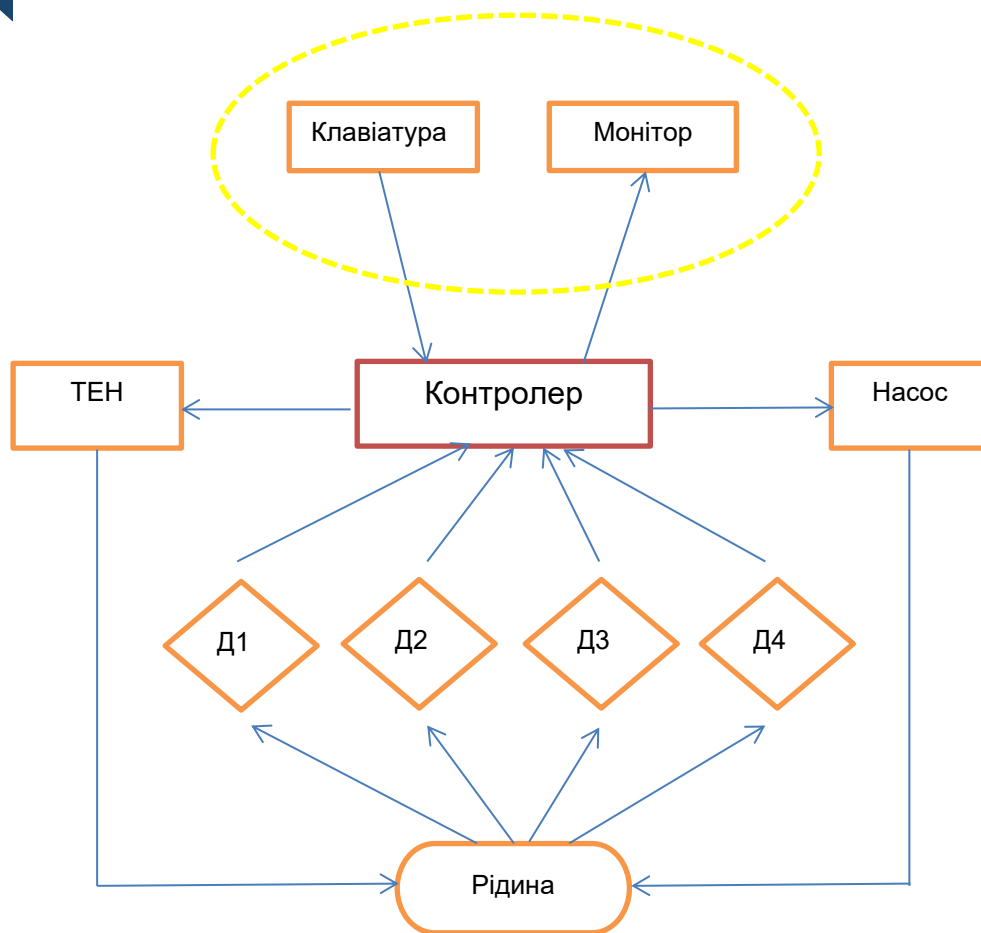


Рисунок 3.11 - Схема інформаційних потоків в системі

По завершенню лабораторних робіт робиться загальний висновок щодо опанування навичками розробки та аналізу функціональних схем автоматизації, вивчення технологічних та конструктивних особливостей об'єкту керування та побудови алгоритмів роботи (блок-схем) елементів систем керування відповідно умов роботи системи, а також побудови схеми інформаційних потоків у досліджуваній системі.



## 4 ВИСНОВКИ

Розглянуто основні вимоги до розробки та аналізу функціональних схем автоматизації, побудови алгоритмів роботи систем керування та схем інформаційних потоків. Наведено приклади виконання робіт.

Лабораторний практикум спрямований на засвоєння принципів аналізу функціональних схем автоматизації, засвоєння технологічних та конструктивних особливостей, а також принципу роботи технологічного устаткування для обраного об'єкту керування,

Якість виконання індивідуальних завдань дозволяє оцінити якість засвоєння навчального матеріалу.

## 5 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Технічні засоби автоматизації : підручник / І. Ш. Невлюдов та ін. Кривий Ріг : Криворізький коледж НАУ, 2019 р. 366 с.
2. Діордієв В. Т., Кашкар'єв А. О., Дубініна С. В., Новіков Г. В. Засоби автоматизації електротехнічних комплексів : навч. посіб. Мелітополь : ФОП Однорог Т. В., 2020. 220 с.
3. Ельперін І. В., Пупена О. М., Сідлецький В. М., Швед С. М. Автоматизація виробничих процесів. Київ : Ліра К, 2021. 378 с.
4. Технічні засоби автоматизації (Част. 2) : навч. посіб. / М. В. Лукінюк та ін. Ніжин : ФОП Лисенко М. М., 2018. 455 с.
5. Засоби автоматизації технологічних процесів: навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О. В. Разживін, О. В. Суботін. Краматорськ : ДДМА, 2017. 147 с.
6. Автоматизація виробничих процесів. Технічні засоби автоматизації. Навчально-методичний посібник до практичних робіт для здобувачів освітнього ступенів «бакалавр» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» та 18 «Виробництво та технології» усіх форм навчання / В.В. Тичков, В.Я. Гальченко, Р.В. Трембовецька, К.В. Базіло. Черкас. держ. технол. ун-т. Черкаси: ЧДТУ, 2020. 321 с.
7. Автоматизація виробничих процесів : навчально-методичний посібник / В. В. Тичков, Р. В. Трембовецька, К. В. Базіло. Черкас. держ. технол. ун-т. Черкаси : ЧДТУ, 2016. 142 с.

## ДОДАТОК А ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ

Таблиця А.1 – Варіанти завдань

№ варіанту	Технологічний процес
1	дозування, зволоження, окомкування шихти на шихтовому відділенні агломашини;
2	спікання шихти на агломашин;
3	управління доменною піччю зверху (завантаження і розподіл шихти);
4	управління доменною піччю знизу (вдування в доменну піч природного газу, дуття, параметри дуття);
5	охолодження доменної печі;
6	виплавка сталі в кисневому конвертері;
7	міксерне відділення сталеплавильного цеху;
8	доведення сталі в агрегаті доведення сталі в ковші;
9	розливання сталі в машині безперервного лиття заготовок;
10	керування машиною газового різання;
11	нагрів заготовок в нагрівальному колодязі;
12	нагрів заготовок в методичній печі.



*Навчально-методичне видання*

**Олег Володимирович Суботін**

**ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ  
ТА ВИКОНАВЧІ МЕХАНІЗМИ**

**методичні вказівки  
до лабораторного практикуму**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції