

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Довбиш А. С.

"_____" _____ 2020 р

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

за спеціальністю 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

на тему

Система керування технологічною установкою випарювання
виробництва цукру

Керівник роботи _____ Журавльов О.Ю.

Виконала:

студентка групи СУмз-91С _____ Сіра А.Ю.

Суми -2020

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри КН
Довбиш А.С
«_____»_12_ 2020 р

ЗАВДАННЯ
для кваліфікаційної роботи магістра студенту

Сірій Аліні Юріївні

1 Тема проекту: Система керування технологічною установкою випарювання виробництва цукру

затверджена наказом ректора університета

№ 1798-III від "19" 11 2020 р

2 Термін здачі студентом роботи «16» грудня 2020 р

3 Вихідні дані до проекту: технічне завдання, звіт з переддипломної практики

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік які підлягають розробці питань: 1. Загальні відомості про випаровуванні 2. Аналіз технологічного процесу випарювання 3. Програмовані контролери SIMATIC S7-200 4. Автоматизація випарної станції 5. Синтез і аналіз оптимальної системи управління. 6. Розрахунок собівартості виробу 7. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)

1. Випарная станція. Схема функціональна автоматизації. 2. Автоматизація випарної станції. Схема принципова живлення 3. Схема цукрового виробництва. 4. Управління мережевими насосами Схема електрична принципова 5. Технологічний алгоритм управління випарної станції

6 КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Зміст етапів проекту	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Аналіз технологічного процесу випарювання при виробництві цукру	21.10-31.10.2020
2	Вибір програмованого контролера SIMATIC S7-200	01.11-07.11.2020
3	Аналіз і процес прийняття основних рішень по автоматизації технологічного процесу	08.11-18.11.2020
4	Синтез і аналіз оптимальної системи управління	19.11-26.11.2020
5	Розробка питань економіки та охорони праці	27.11-30.11.2020
6	Розробка технічної документації на випускную роботу	01.12-09.12.2020
7	Підготовка роботи до здачі	10.12-16.12.2020

7 Дата видачі завдання 20. 10. 2020 р

Керівник роботи

К.т.н., доцент

_____ О.Ю. Журавльов

Завдання прийняла до виконання

студентка групи СУмз-91С

_____ А.Ю. Сіра

РЕФЕРАТ

Сіра Аліна Юріївна. Система керування технологічною установкою випарювання виробництва цукру. Кваліфікаційна робота магістра. Сумський Державний Університет, Суми. 2020 р.

Кваліфікаційна робота магістра містить 85 стор. пояснювальної записки, 9 рисунків, 8 таблиць., 16 джерел інформації, конструкторську документацію, яка містить 5 схем.

Робота присвячена розробці інтегрованої системи керування випарною станцією цукрового заводу, яка задовольняє вимоги до якості регулювання і контролю. З цією метою були використані прилади автоматики українських і зарубіжних виробників, контролера фірми «Siemens»; розглянутий технологічний алгоритм автоматичного контролю і регулювання процесу випарювання; визначенню вимог безпеки до технологічних процесів виробництва.

Висуваються технічні пропозиції, пов'язані з комплексною автоматизацією випарної станції бурякоцукрового заводу.

В результаті проведення досліджень виконано синтез та аналіз оптимальної одноконтурної САУ при використанні ПІД - закону регулювання. Синтезовано регулятор, який забезпечує переведення системи з одного стану в інший за мінімальне число періодів квантування при наявності обмеження на керуючі впливи.

Ключові слова: випарна установка, дифузійний сік, сироп, випарювання, уніфіковані сигнали, первинні перетворювачі, датчики, ПІД-регулятор, стійкість системи.

The abstract

Sira Alina Yuriyivna. Control system of technological installation of sugar production evaporation. Qualifying work of the master. Sumy State University, Sumy. 2020.

The master's thesis contains 85 pages. explanatory note, 9 figures, 8 tables., 16 sources of information, design documentation, which contains 5 schemes.

The work is devoted to the development of an integrated control system of the evaporator station of the sugar plant, which meets the requirements for the quality of regulation and control. For this purpose, automation devices from Ukrainian and foreign manufacturers, the Siemens controller were used; the technological algorithm of automatic control and regulation of the evaporation process is considered; determination of safety requirements for technological processes of production.

The technical offers connected with complex automation of evaporating station of beet-sugar plant are put forward.

As a result of research, the synthesis and analysis of the optimal single-circuit ACS using the PID - the law of regulation. A regulator is synthesized, which ensures the transfer of the system from one state to another for a minimum number of quantization periods in the presence of restrictions on control effects.

Key words: evaporator, diffusion juice, syrup, evaporation, unified signals, primary transducers, sensors, PID-regulator, system stability.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВИПАРЮВАННЯ	6
1.1 Загальні відомості про процес випарювання	6
1.2 Однокорпусні випарні установки	9
1.3 Багатокорпусні випарні установки	10
1.4 Класифікація випарних апаратів	15
2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИПАРЮВАННЯ	18
2.1 Характеристика бурякоцукрового заводу	18
2.2 Характеристика об'єкта автоматизації і його специфіка	21
3 ПРОГРАМОВАНІ КОНТРОЛЕРИ SIMATIC S7-200	25
3.1 Огляд будови SIMATIC S7-200	25
3.2 Склад контролерів SIMATIC S7-200	25
3.3 Характеристика модулів контролера	27
3.4 Програмне забезпечення SIMATIC	33
4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИПАРНОЇ СТАНЦІЇ	37
4.1 Автоматизація ділянки випарювання	37
4.2 Основні рішення по автоматизації технологічного процесу.....	39
4.3 Технологічний алгоритм управління випарної станцією.....	43
4.4 Принципова електрична схема керування насосами	48
5 СИНТЕЗ І АНАЛІЗ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ.....	49
6 РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ВИРОБУ	64
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	67
7.1 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників на робочому місці оператора випарювання	67
7.2 Розрахунок захисного заземлення.....	77
ВИСНОВОК.....	82
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	84

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ І УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСУ ТП - автоматична система управління технологічним процесом

ТЕЦ - теплоенергоцентр

КВП і А - служба контрольно вимірювальних приладів і автоматики

СР – сухі речовини

ПЛК – програмований логічний контролер

РВП – регулятор витрати повітря

СРЦ - модуль центрального процесора

PS - модулі блоків живлення

SM - сигнальні модулі

СР - комунікаційні процесори

PtP - організація зв'язку по (point to point) інтерфейсу

FM - функціональні модулі

ІМ - інтерфейсні модулі

НДР – науково-дослідна робота

ДКР – дослідно-конструкторська робота

ВСТУП

У харчовій промисловості постійно вдосконалюється техніка і технологія виробництва шляхом впровадження прогресивних технологічних схем, нового виду оснащення, передового досвіду. Це дозволяє вирішити ряд технологічних проблем, що в кінцевому підсумку забезпечує зменшення виробничих втрат і підвищення якості продукції.

Широке впровадження механізації і на її базі автоматизації виробничих процесів поряд з вирішенням ряду інших проблем дозволяє зменшити втрати у виробництві і полегшити умови отримання стандартної продукції. Автоматизація є вищим ступенем в складному комплексі управління технологічним виробничим процесом.

Неодмінною умовою успішної автоматизації є глибоке розуміння всіх закономірностей виробничого процесу. Без цього неможливо забезпечити правильний вибір і застосування засобів і методів автоматизації. Сучасні засоби контролю і автоматизації мають складну будову. Вони повинні мати більшу надійність, порівнянну з надійністю автоматизованого технологічного оснащення. У зв'язку з цим висувуються високі вимоги до експлуатаційного персоналу цехів, який обслуговує прилади контролю та автоматизації. Цукрове виробництво має неперервний характер і являє собою цикл взаємопов'язаних фізико-механічних процесів. Головною метою створення автоматичних систем управління технологічними процесами (АСУ ТП) із застосуванням сучасних міні- і мікро-ЕОМ є реалізація потенційних можливостей, закладених в технологічному процесі і оснащенні, а також поліпшення організації управління, досягнення найкращих техніко-економічних показників виробництва.

В АСУ ТП багатьох цукрових заводів управління виробництвом здійснює диспетчер-технолог, в функції якого входять зовнішня і внутрішня координація роботи ділянок виробництва, контроль виконання оперативних планів випуску продукції, виявлення причин невідповідності, вжиття заходів до його усунення

та інше. Робота АСУ ТП цих заводів побудована на основі динамічної мнемосхеми, яка відображає стан основного обладнання та важливих технологічних параметрів в найбільш важливих точках. Поява мікропроцесорів і мікро-ЕОМ значно спростила вирішення багатьох виробничих завдань. Основні переваги мікропроцесорів - надійність, функціональна мобільність, невеликі габарити і маса - забезпечили їм широке поширення. В кінцевому підсумку впровадження АСУ ТП у виробництві дозволить організувати роботу цукрових заводів за найбільш оптимальними і ефективним технологічними схемами, які позначаться на зменшенні втрат цукру у виробництві та отриманні високоякісного цукру-піску.

Створювана автоматизована система управління технологічним процесом виробництва цукру призначена для:

- підвищення ритмічності роботи виробництва за рахунок узгодження навантажень відділень;
- поліпшення якості регулювання основних технологічних параметрів;
- зменшення відхилень від норм технологічного режиму;
- заміни морально і фізично застарілих існуючих засобів автоматизації;
- реалізації сучасних принципів управління.

Метою створення системи є забезпечення ритмічності роботи бурякоцукрового виробництва при підвищених навантаженнях із забезпеченням якості одержуваного продукту.

Завданням цієї роботи є ескізне рішення кола питань, пов'язаних з концептуальними аспектами побудови автоматизованої системи управління випарної станції бурякоцукрового заводу.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ВИПАРЮВАННЯ

1.1 Загальні відомості про процес випарювання

Випарюванням називається концентрування розчинів практично нелетючих або малолетючих речовин в рідких летючих розчинниках.

Випарюванню піддають розчини твердих речовин (водні розчини лугів, солей та ін.), а також висококиплячі рідини, що володіють при температурі випаровування дуже малим тиском пари - деякі мінеральні та органічні кислоти, багатоатомні спирти та ін. Випарювання іноді застосовують також для виділення розчинника в чистому вигляді: при опрісненні морської води випарюванням утворювану з неї водяну пару конденсують і воду використовують для питних або технічних цілей.

При випаровуванні зазвичай здійснюється часткове видалення розчинника з усього обсягу розчину при його температурі кипіння. Тому випарювання принципово відрізняється від випаровування, яке, як відомо, відбувається з поверхні розчину при будь-яких температурах нижче температури кипіння. У ряді випадків випарений розчин піддають подальшій кристалізації в випарних апаратах, спеціально пристосованих для цих цілей.

Отримання висококонцентрованих розчинів, практично сухих і кристалічних продуктів полегшує і здешевлює їх перевезення і зберігання.

Тепло для випарювання можна підводити будь-якими теплоносіями, застосовуваними при нагріванні. Проте в переважній більшості випадків в якості гріючого агента при випаровуванні використовують водяну пару, яку називають гріючою або первинною.

Первинною служить або пара, що отримується з парогенератора, або відпрацьована пара, або пара проміжного відбору парових турбін.

Пара, що утворюється при випаровуванні киплячого розчину, називається вторинною.

Тепло, необхідне для випаровування розчину, зазвичай підводиться через стінку, що відокремлює теплоносій від розчину. У деяких виробництвах концентрування розчинів здійснюють при безпосередньому зіткненні випарюваного розчину з топковим газами або іншими газоподібними теплоносіями.

Процеси випаровування проводять під вакуумом, при підвищеному і атмосферному тиску. Вибір тиску пов'язаний з властивостями випарюваного розчину і можливістю використання тепла вторинної пари.

Випарювання під вакуумом має певні переваги перед випарюванням при атмосферному тиску, незважаючи на те, що теплота випаровування розчину дещо зростає з пониженням тиску і відповідно збільшується витрата пари на випарювання 1 кг розчинника (води).

При випаровуванні під вакуумом стає можливим проводити процес при більш низьких температурах, що важливо в разі концентрування розчинів речовин, схильних до розкладання при підвищених температурах. Крім того, при розрідженні збільшується корисна різниця температур між гріючим агентом і розчином, що дозволяє зменшити поверхню нагріву апарату (за інших рівних умов). У разі однакової корисної різниці температур при випарюванні під вакуумом можна використовувати гріючий агент більш низьких робочих параметрів (температура і тиск). Внаслідок цього випарювання під вакуумом широко застосовують для концентрування висококиплячих розчинів, наприклад розчинів лугів, а також для концентрування розчинів з використанням теплоносія (пари) невисоких параметрів.

Застосування вакууму дає можливість використовувати в якості гріючого агента, крім первинної пари, вторинну пару самої випарної установки, що знижує витрату первинного гріючої пари. Разом з тим при застосуванні вакууму здорожує випарна установка, оскільки потрібні додаткові витрати на пристрої для створення вакууму (конденсатори, вловлювачі, вакуум-насоси), а також збільшуються експлуатаційні витрати.

При випаровуванні під тиском вище атмосферного також можна використовувати вторинну пару, як для випарювання, так і для інших потреб, не пов'язаних з процесом випарювання.

Вторинна пара, що відбирається на сторону, називають екстрапаром. Відбір екстрапари при випаровуванні під надлишковим тиском дозволяє краще використовувати тепло, ніж при випаровуванні під вакуумом. Однак випарювання під надлишковим тиском пов'язане з підвищенням температури кипіння розчину. Тому даний спосіб застосовується лише для випарювання термічно стійких речовин. Крім того, для випарювання під тиском необхідні гріючі агенти з більш високою температурою.

При випаровуванні під атмосферним тиском вторинна пара не використовується і зазвичай видаляється в атмосферу. Такий спосіб випарювання є найбільш простим, але найменш економічним.

Випарювання під атмосферним тиском, а іноді і випарювання під вакуумом проводять в одиночних випарних апаратах (однокорпусних випарних установках). Однак найбільш поширені багатокорпусні випарні установки, що складаються з декількох випарних апаратів, або корпусів, в яких вторинна пара кожного попереднього корпусу направляється в якості гріючого в наступний корпус. При цьому тиск в послідовно з'єднаних (по ходу випарюваного розчину) корпусах знижується таким чином, щоб забезпечити різницю температур між вторинним паром з попереднього корпусу і розчином, киплячим в даному корпусі, тобто створити необхідну рушійну силу процесу випарювання. У цих установках первинною парою обігривається тільки перший корпус. Отже, в багатокорпусних випарних установках досягається значна економія первинної пари порівняно з однокорпусними установками тієї ж продуктивності.

Економія первинної пари (і відповідно палива) може бути досягнута також в однокорпусних випарних установках з тепловим насосом. У таких установках вторинна пара на виході з апарату стискається за допомогою теплового насоса (наприклад, термокомпресора) до тиску, відповідного температурі первинної пари, після чого вона знову повертається в апарат для випарювання розчину.

У хімічній промисловості застосовуються в основному неперервно діючі випарні установки. Лише в виробництвах малого масштабу, а також при випаровуванні розчинів до високих кінцевих концентрацій іноді використовують випарні апарати періодичної дії.

Концентрація розчину в такому апараті наближається до кінцевої лише в кінцевий період процесу. Тому середній коефіцієнт теплопередачі тут може бути трохи вище, ніж в неперервно діючому апараті, де концентрація розчину ближче до кінцевої протягом всього процесу випарювання.

Сучасні випарні установки мають дуже великі поверхні нагрівання (іноді перевищують 2000 м^2 в кожному корпусі) і є великими споживачами тепла.

1.2 Однокорпусні випарні установки

Як вказувалося, однокорпусна випарна установка включає лише один випарний апарат (корпус). Розглянемо принципову схему одиночного неперервно діючого випарного апарату з природною циркуляцією розчину на прикладі апарату з внутрішньою центральною циркуляційною трубою (рис. 1.1).

Апарат складається з теплообмінного пристрою - нагрівальної (грійучої) камери 1 і сепаратора 2. Камера і сепаратор можуть бути об'єднані в одному апараті (див. рис. 1.1) або камера може бути винесена і з'єднана з сепаратором трубами. Камера обігрівается зазвичай водяною насиченою парою, що надходить в її міжтрубний простір. Конденсат відводять знизу камери.

Піднімаючись по трубах 3, випарований розчин нагрівається і кипить з утворенням вторинної пари. Відділення пари від рідини відбувається в сепараторі 2. Звільнена від бризок і крапель вторинна пара видаляється з верхньої частини сепаратора.

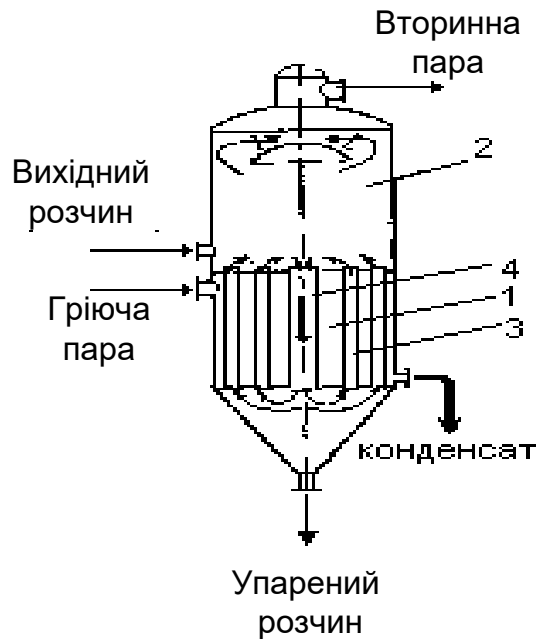


Рисунок 1.1 - Схема будови однокорпусного випарного апарату

Частина рідини опускається по циркуляційній трубі під нижню трубку решітку гріючої камери. Внаслідок різниці щільності розчину в трубі 4 і парорідинній емульсії в трубах 3 рідина циркулює по замкнутому контуру, упарений розчин видаляється через штуцер в днище апарату.

Якщо випарювання проводиться під вакуумом, то вторинна пар авідсмоктується в конденсатор пари, з'єднаний з вакуум-насосом. Упарений розчин видаляється з конічного днища апарату

1.3 Багатокорпусні випарні установки

В сучасних випарних установках випаровуються дуже великі кількості води. У однокорпусному апараті на випарювання 1 кг води потрібно більше 1 кг пари, що гріє. Це призвело б до надмірно великих витрат останнього. Однак витрата пари на випарювання можна значно знизити, якщо проводити процеси в багатокорпусній випарній установці. Принцип дії її зводиться до багаторазового

використання тепла пари, що гріє, що надходить в перший корпус установки, шляхом обігріву кожного наступного корпусу (крім першого) вторинною парою з попереднього корпусу.

Схема багатокорпусної вакуум-випарної установки, що працює при прямоточному русі пари, що гріє і розчину, показана на рис. 1.2. Установка складається з декількох (в даному випадку трьох) корпусів. Вихідний розчин, зазвичай попередньо нагрітий до температури кипіння, надходить в перший корпус, що обігрівается свіжою (первинною) парою. Вторинна пара з цього корпусу направляється в якості такого, що гріє, в другий корпус, де внаслідок зниженого тиску розчин кипить при більш низькій температурі, ніж в першому.

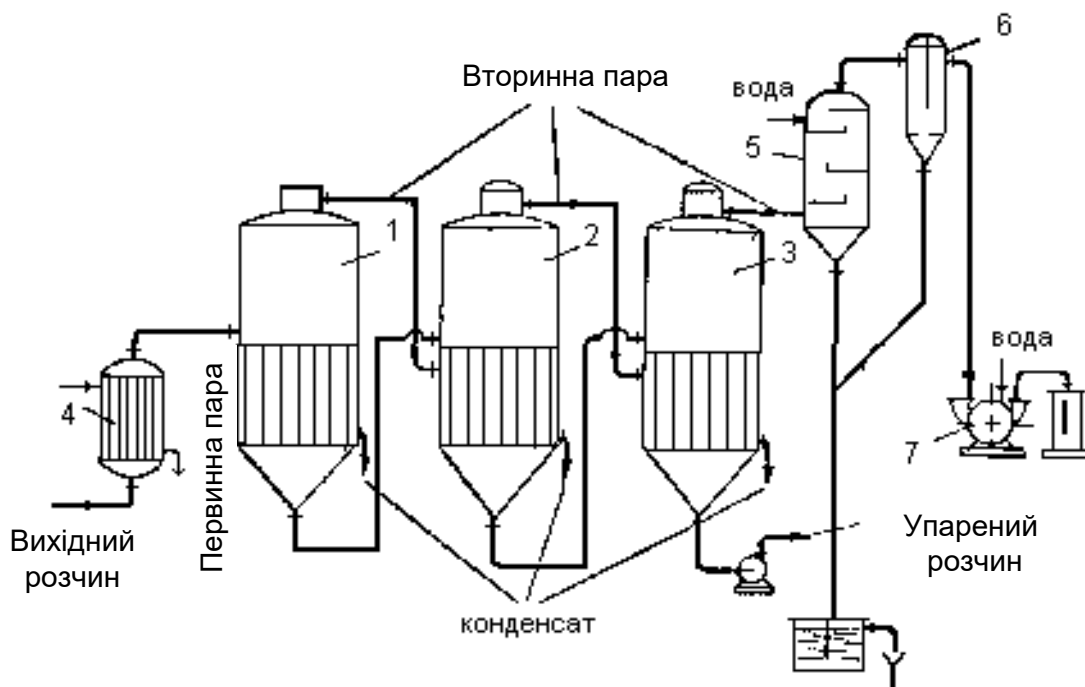


Рисунок 1.2 - Багатокорпусна прямоточна вакуум-випарна установка:
1 – перший корпус; 2 – другий корпус; 3 – третій корпус; 4 – підігрівач; 5 – конденсатор; 6 – бризковловлювач; 7 – вакуум-насос

З огляду на більш низький тиск в другому корпусі розчин, упарений в першому корпусі, переміщується самопливом в другий корпус і тут охолоджується до температури кипіння в цьому корпусі. За рахунок тепла, що виділяється при цьому, утворюється додатково деяка кількість вторинної пари.

Таке явище, яке відбувається у всіх корпусах установки, крім першого, носить назву самовипаровування розчину.

Аналогічно упарений розчин з другого корпусу перетікає самопливом в третій корпус, який обігрівается вторинною парою з другого корпусу.

Попередній нагрів вихідного розчину до температури кипіння в першому корпусі проводиться в окремому підігрівачі 4, що дозволяє уникнути збільшення поверхні нагрівання в першому корпусі.

Вторинна пара з останнього корпусу (в даному випадку з третього) відводиться в барометричний конденсатор 5, в якому при конденсації пари створюється необхідне розрідження. Повітря і гази, які не конденсуються, що потрапляють в установку з парою і охолоджуючої водою (в конденсаторі), а також через нещільності трубопроводів і різко погіршують теплопередачу, відсмоктуються через бризковловлювач 6 вакуум-насосом 7.

За допомогою вакуум-насоса підтримується також стійкий вакуум, так як залишковий тиск в конденсаторі може змінюватися з коливаннями температури води, що надходить в конденсатор.

Необхідною умовою передачі тепла в кожному корпусі повинна бути наявність деякої корисної різниці температур, яка визначається різницею температур гріючої пари і киплячого розчину. Разом з тим, тиск вторинної пари в кожному попередньому корпусі повинен бути більше його тиску в подальшому. Ці різниці тисків створюються при надмірному тиску в першому корпусі, або вакуумі в останньому корпусі, або ж при тому і іншому одночасно.

Основні схеми багатокорпусних установок.

Застосовувані схеми багатокорпусних випарних установок розрізняються по тиску вторинної пари в останньому корпусі. Відповідно до цієї ознаки установки діляться на працюючі під розрідженням і під надлишковим тиском.

Найбільш поширені випарні установки першої групи. Крім установки, приведеної на рис. 1.2, в промисловій практиці застосовують установки аналогічного типу, що володіють підвищеною економічністю за рахунок

використання тепла пари низького потенціалу. Так, наприклад, іноді обігрів першого корпусу проводять відпрацьованою парою з парових турбін, який є в даному випадку первинною парою.

Дросельованна свіжа пара додається тільки для підтримки стабільного режиму роботи випарної установки при коливаннях навантаження турбіни.

У випарних установках, що працюють під деяким надлишковим тиском вторинної пари в останньому корпусі, ця пара може бути ширше використаний на сторонні потреби, тобто як екстрапара. Поряд з цим підвищення тиску вторинної пари в останньому корпусі зменшує можливу кратність використання свіжої (первинної) пари, що гріє перший корпус.

При роботі під надлишковим тиском потрібна дещо більша товщина стінок апаратів, але установка в цілому спрощується, так як відпадає необхідність у постійно діючому конденсаторі пари (невеликий конденсатор використовують лише в період пуску установки).

У випарних установках під тиском важче підтримувати постійний режим роботи, ніж в установках під вакуумом, і для цієї мети потрібно автоматичне регулювання тиску пари і щільності упареного розчину. Для підвищення стійкості режиму роботи установок під тиском використовують різні схеми.

Вибір тиску вторинної пари в останньому корпусі установки залежить від співвідношення між кількістю тепла, яке може віддати цю пару, і кількістю тепла пари низького потенціалу, що вимагається на інші виробничі потреби. Оптимальний тиск вторинної пари в останньому корпусі можна встановити в кожному конкретному випадку шляхом техніко-економічного розрахунку.

Багатокорпусні випарні установки розрізняються також за взаємним напрямком руху пари, що гріє і випарюваного розчину. Крім найбільш широко поширених установок з прямочним рухом пари і розчину (див. рис 1.2), застосовуються також протиточні випарні установки, в яких гріюча пара і випарюваний розчин переміщуються з корпусу в корпус у взаємно протилежних напрямках (рис. 1.3).

Вихідний розчин подається насосом в останній по ходу пари, що гріє (третій) корпус, з якого упарений розчин перекачується в другий корпус і т.д., причому з першого корпусу видаляється остаточно упарений розчин. Свіжа (первинна) пара надходить в перший корпус, а вторинна пара з цього корпусу направляється для обігріву другого корпусу, потім вторинна пара з попереднього корпусу використовується для обігріву наступного. З останнього корпусу вторинна пара видаляється в конденсатор.

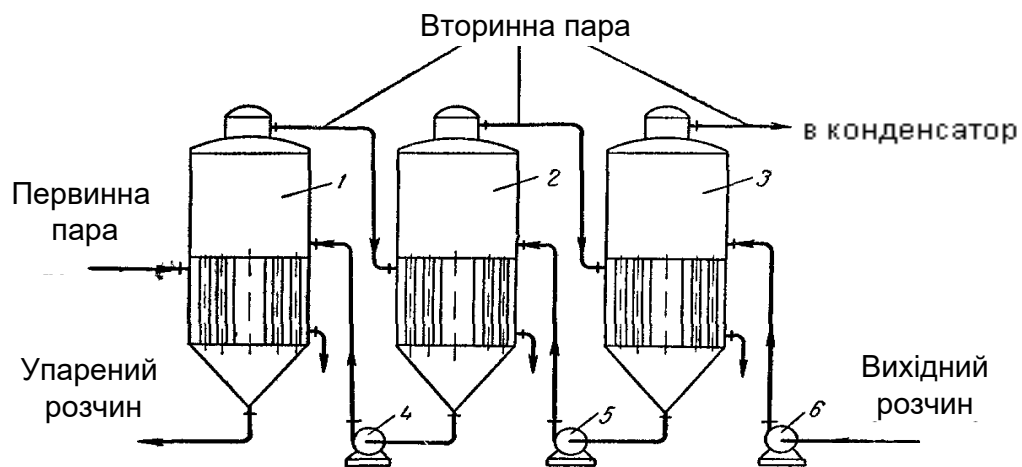


Рисунок 1.3 - Багатокорпусна протиточна випарна установка: 1, 2, 3 – перший, другий та третій корпус відповідно; 4, 5, 6 – циркуляційні насоси

У першому корпусі випарної прямої установки (див. рис. 1.2) найменш концентрований розчин отримує необхідне для випаровування тепло від пари, що гріє, найбільш високих робочих параметрів, а в останньому корпусі найбільш концентрований (і найбільш в'язкий) розчин випарується за допомогою вторинної пари найнижчих параметрів. Таким чином, від першого корпусу до останнього (по ходу розчину) підвищується концентрація і знижується температура випарюваного розчину, що призводить до зростання його в'язкості. В результаті коефіцієнти теплопередачі зменшуються від першого корпусу до останнього.

У багатокорпусних протиточних установках (див. рис. 1.3) в першому корпусі найбільш концентрований розчин випаровується за рахунок тепла пари найбільш високих параметрів, в той час, як в останньому корпусі вихідний розчин найнижчої концентрації отримує тепло від вторинної пари, що має найбільш низькі тиск і температуру. Тому при протитечії коефіцієнти теплопередачі значно менше змінюються по корпусах, ніж при прямотечії.

Однак необхідність перекачування випарюваного розчину з корпусів, де тиск менше, в корпусу з більш високий тиском є серйозним недоліком протитечної схеми, так як застосування проміжних циркуляційних насосів (насоси 4 і 5 на рис. 1.3) пов'язане зі значним зростанням експлуатаційних витрат.

Протиточні випарні установки використовують при випаровуванні розчинів до високих кінцевих концентрацій, коли в останньому корпусі (по ходу розчину) можливо небажане випадіння твердої речовини. Крім того, за такою схемою випарюють розчини, в'язкість яких різко зростає зі збільшенням концентрації розчину.

За схемою з паралельним живленням корпусів (рис. 1.4) вихідний розчин надходить одночасно в усі три корпуси установки.

Упарений розчин, що видалається з усіх корпусів, має однакову кінцеву концентрацію.

Установки такої схеми використовують, головним чином, при випаровуванні насичених розчинів, в яких знаходяться частинки твердої фази, що випала (що ускладнює переміщення випарюваного розчину з корпуса в корпус), а також в тих процесах випарювання, де не потрібно значного підвищення концентрації розчину.

1.4 Класифікація випарних апаратів

Різноманітні конструкції випарних апаратів, що застосовуються в промисловості, можна класифікувати за типом поверхні нагрівання (парові,

змійовики, трубчасті різних видів) і щодо її розташування в просторі (апарати з вертикальною, горизонтальною, іноді з похилою камерою), за родом теплоносія (водяна пара, високотемпературні теплоносії, електричний струм і ін.), а також в залежності від того, чи рухаються теплоносії зовні або всередині трубнагрівальної камери. Однак більш істотною ознакою класифікації апаратів, що характеризує інтенсивність їх дії, слід вважати вид і кратність циркуляції розчину.

Розрізняють випарні апарати з неорганізованою, або вільною, спрямованої природно та примусовою циркуляцією розчину.

Випарні апарати ділять також на апарати прямоточні, в яких випарювання розчину відбувається за один його прохід через апарат без циркуляції розчину і апарати, що працюють з багаторазовою циркуляцією розчину.

Залежно від організації процесу розрізняють періодичні і неперервно діючі випарні апарати.

При виборі випарного апарату його конструкція має задовольняти ряду загальних вимог, до числа яких відносяться: висока продуктивність і інтенсивність теплопередачі при можливо малих обсязі апарату і витраті металу на його виготовлення, простота пристрою, надійність в експлуатації, легкість очищення поверхні теплообміну, зручність огляду, ремонту і заміни окремих частин.

Разом з тим вибір конструкції і матеріалу випарного апарату визначається в кожному конкретному випадку фізико-хімічними властивостями випарюваного розчину (в'язкість, температурна депресія, термічна стійкість, кристалізованість, хімічна агресивність та ін.).

Високі коефіцієнти теплопередачі і великі продуктивності досягаються шляхом збільшення швидкості циркуляції розчину. Однак одночасно зростає витрата енергії на випаровування і зменшується корисна різниця температур, так як при постійній температурі грючої пари зі зростанням гідравлічного опору збільшується температура кипіння розчину. Суперечливий вплив цих факторів

повинен враховуватися при техніко-економічному порівнянні апаратів і виборі оптимальної конструкції.

Для випарювання розчинів невеликої в'язкості, що не перевищує $8 \cdot 10^3$ н·сек/м², без утворення кристалів найчастіше використовуються вертикальні випарні апарати з багаторазової природною циркуляцією. З них найбільш ефективні апарати з виносною нагрівальною камерою і з виносними циркуляційними трубами, що не обігріваються.

Випарювання розчинів великої в'язкості, які не кристалізуються, що досягає 0,1 н·сек/м², виробляють в апаратах з примусовою циркуляцією, рідше в прямоточних апаратах з падаючою плівкою або в роторних прямоточних апаратах.

У роторних прямоточних апаратах забезпечуються сприятливі умови для випарювання розчинів, чутливих до підвищених температур.

Апарати з примусовою циркуляцією широко застосовуються також для випарювання в'язких розчинів або тих, що кристалізуються. Подібні розчини можуть ефективно випарюватися і в апаратах з винесеною зоною кипіння, що працюють при природній циркуляції. Ці апарати при випарюванні розчинів, що кристалізуються, можуть конкурувати з випарними апаратами з примусовою циркуляцією.

2 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИПАРЮВАННЯ

2.1 Характеристика бурякоцукрового заводу

Сучасний бурякоцукровий завод - це велике, добре оснащене сучасною технікою підприємство, яке працює цілодобово в основному за неперервною технологічною схемою. Працюють цукробурякові заводи сезонно: починають 10-20 вересня, закінчують в I кварталі наступного року.

Тому, кажучи про період роботи заводу, називають рік початку і рік закінчення сезону (наприклад, 2019/2020 виробничий рік).

Цукрові буряки викопують у вересні і жовтні протягом 40-45 діб. В цей час заводи переробляють буряк, що надходить безпосередньо з полів, а потім буряк з призаводського складу або з бурякоприймальних пунктів. Заводи середньої потужності переробляють на добу 2,5-3 тис.т буряка, великі - 5-6 тис. т.

Виробництво цукру з буряка складається з наступних основних стадій: очищення буряків від домішок (землі, піску, залишків гички), порізка її в стружку і отримання дифузійного соку (бурякопереробного відділення); очищення дифузійного соку вапном і діоксидом вуглецю від нецукрів, згущення соку випарюванням - отримання сиропу (сокоочисного відділення); викристалізування сахарози з сиропу, відділення цукру-піску від міжкристального розчину, сушка та упаковка (продуктове відділення).

До допоміжних процесів відносяться: отримання вапна, вапняного молока, сатураційного і сульфітаційного газу, пресування, сушка та брикетування жому.

В якості типової для нових і реконструйованих цукрових заводів прийнята схема (рис. 2.1) з неперервним знецукрюванням бурякової стружки, пресуванням жому і поверненням в дифузійну установку всієї жомопресової води, вапняно-вуглекислотним очищенням дифузійного соку, трьома кристалізаціями і аффінацією (очищення) цукру III кристалізаціі.

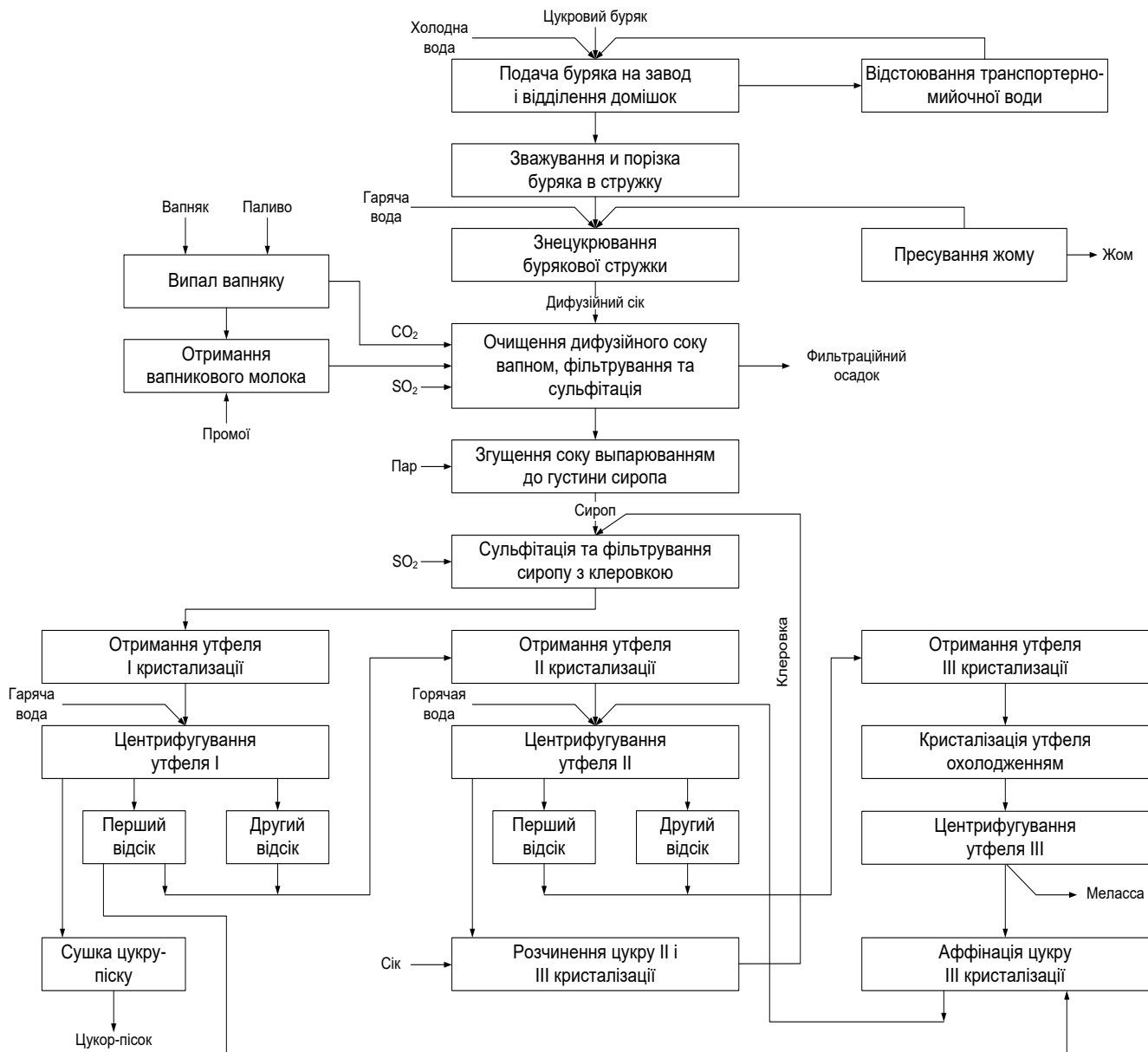


Рисунок 2.1 - Типова схема цукрового виробництва

Для основних бурякосійних районів України в даний час рекомендується оптимальна виробнича потужність цукрового заводу 6 тис.т переробки буряків на добу. Технологічний процес на заводі такої потужності здійснюється в двох корпусах.

У першому корпусі розміщені бурякопереробне (без бурякомийок), сокоочисне, продуктове (в тому числі сушіння і упаковка цукру-піску) і жомосушильне відділення. До першого корпусу примикає теплоелектроцентраль

(ТЕЦ) і склад цукру-піску. У першому корпусі розміщується також заводська лабораторія технохімічного контролю та обліку цукрового виробництва.

У другому корпусі розміщені вапняне відділення, бурякомийки і відділення брикетування жому, склад допоміжних матеріалів і механічна майстерня.

Поруч з першим корпусом знаходяться адміністративно-побутовий блок і три силоси для зберігання цукру місткістю 11 тис.т кожен. За межами обгородженої частини проммайданчика розміщені гідромеханізований склад для буряка, трьохшляхова естакада бурякова, жомосховище, водоочисні споруди, склади палива, вапнякового каменю та ін.

Буряк в завод подається по двох гідротранспортерах. Для миття встановлені дві комбіновані мийні машини, а для знецукрювання бурякової стружки - колонний дифузійний апарат, для згущення сока - п'ятикорпусна випарна установка з концентратором загальною площею поверхні нагріву 18600 м², кристалізація цукру проводиться в вакуум-апаратах місткістю по 80 т утфелю, поділ утфелю на кристалічну масу і відтоки - в періодично діючих центрифугах. Цукор висушується в двох сушильних установках. Частина жому, віджатого до змісту 20-22% сухих речовин (СР), висушується і брикетується з додаванням меляси і карбаміду. Решта жом, віджатий до 12-14% сухих речовин, направляється в жомосховище.

Для отримання вапна встановлені дві вапняно-газові печі продуктивністю по 100 т вапна на добу.

Паром і електроенергією завод забезпечує власна ТЕЦ, де встановлені чотири котлоагрегати по 50 т/год пари тиском 4 МПа і два турбоелектрогенератори по 6 тис. кВт.

Витрата пари на технологічні потреби, включаючи жомосушіння, становить 47% до маси буряка. Витрата свіжої води (річкової) становить 250-500 м³/год, на відбілювання цукру-піску і питні потреби (артезіанської) - 70 м³/год.

Відпрацьовані води з невеликим вмістом домішок охолоджуються в вентиляторних градирнях і знезаражуються хлором, води з великим вмістом

домішок звільняються від зважених часток в радіальному відстійнику і використовуються повторно, а транспортерно-мийний осад відкачується в відвали-відстійники. Фільтраційний осад з сокоочисного відділення видаляється на майданчик відходів.

Стічні води піддаються штучному біологічному двоступеневому очищенню в аеротанках-змішувачах. Біоочищення працює цілий рік.

Річний обсяг цукрових буряків, що заготовляються, при тривалості сокодобування 110 діб становить 607 тис. т. Щодоби на завод надходить 120-130 залізничних вагонів з буряком. Річне виробництво товарного цукру становить 79 тис. т, сирого жому з вмістом 7,3% СР - 485 тис. т, умовної меляси - 32,5 тис. Т.

Середньодобова чисельність працюючих у виробництві і непромислових підрозділах 890 чоловік. Рівень механізації робіт на новому заводі по всіх видах вантажів 95%, в тому числі з буряком 97,5%. Загальна площа під об'єктами і інженерними комунікаціями заводу понад 200 га, з них під будівлями і спорудами близько 40 гектарів. Витрата робочої сили - 7 чол. /днів.

У зонах розвиненого бурякосіяння більш доцільно будівництво цукрових заводів з виробничою потужністю 9-12 тис т переробки буряків на добу. Техніко-економічні показники на такому заводі значно краще, ніж на заводах виробничою потужністю 6 тис.т. Наприклад, на 100 т переробки буряка в добу питомі капіталовкладення знижуються в 1,2 рази, а витрата робочої сили - до 4 чол. днів. У зв'язку з можливістю скорочення тривалості переробки буряка, наприклад до 90 діб, різко зменшуються втрати бурякомаси і цукру, і збільшується вихід цукру з 1 т.

2.2 Характеристика об'єкта автоматизації і його специфіка

Випарна установка - основна ланка теплового господарства цукрового заводу і найбільший споживач пари. У ній пара більш високого потенціалу перетворюється в пару зі зниженим тиском і температурою, який відбирають для нагрівання різноманітних проміжних продуктів. За важливістю функцій, які

виконуються, випарна установка займає центральне місце в технологічній і тепловій схемах заводу. Від її роботи залежить продуктивність заводу, витрата палива, втрати сахарози, якість товарного цукру.

Очищений сульфітаційний сік являє собою ненасичений розчин цукрози і нецукрів. Якщо сік згустити до пересичення цукрози, то її можна виділити кристалізацією. Згущення соку йде в два етапи: спочатку сік згущається в випарній установці, а потім в вакуум-апаратах.

Поділ процесу згущення соку випарюванням на два етапи обумовлений тим, що на першому етапі в'язкість соку ще невелика і можна проводити згущення його в багатокорпусних випарних установках, оснащених розвиненою теплообмінною поверхнею. Це дає можливість знизити питому витрату пари, що гріє, приблизно в 2.5 рази в порівнянні з однокорпусною установкою і відбирати при цьому частину вторинної пари на технологічні потреби.

Багатокорпусні випарні установки, які використовуються на цукрових заводах, класифікуються за кількістю ступенів випарювання на трьох-, чотири- і п'ятикорпусний.

Основне призначення випарної станції - випарювання дифузного соку до заданого значення вмісту сухих речовин при певній продуктивності цукрового заводу.

Сік згущують в випарних апаратах, які мають циліндричну поверхню теплообміну, яка обігривається насиченою парою з більш високою температурою, ніж киплячий сік, тому теплота пари через поверхню нагрівання передається соку. При кипінні соку виходить вторинна пара, а пара, яка гріє, конденсується. Відбувається обмін теплотою: пар, який гріє, віддає приховану теплоту пароутворення і видаляється у вигляді конденсату, а вода з соку, отримавши це тепло, виводиться у вигляді вторинної пари.

Прихована теплота пароутворення для пари, що гріє і вторинного приблизно однакова, тому 1 кг пари, що гріє, який надходить в випарний апарат, з соку випаровує 1 кг води (за умови, що сік попередньо нагрітий до кипіння). Якщо випаровувати сік в одному апараті, то на видалення 98.5 кг води буде

витрачено стільки ж пари, що гріє і ще на нагрівання проміжних продуктів близько 50 кг пари, всього 148.5 кг на 100 кг переробленого буряка.

При спалюванні 1 кг умовного палива з теплотворною здатністю 29 310 кДж (7000 ккал) з води виходить 8 кг пари. Відповідно, витрата умовного палива складе $148.5 / 8 = 18.5$ кг, або 18.5%. Ця дуже велика величина, і, щоб знизити її, на заводах використовують принцип багаторазового використання теплоти пари, що гріє і теплоти конденсату. Багаторазове випарювання проводиться в випарній установці, яка складається з декількох послідовно з'єднаних між собою випарних апаратів (корпусів).

У даній роботі розглянута п'ятикорпусна випарна установка. На випарній станції сік концентрується з 15-16% до 65-70% вмісту сухих речовин, який в подальшому переробляється в сироп на вакуум-апаратах. На випарній станції сік надходить в перший корпус і послідовно переходить з корпусу в корпус. Другий корпус обігривається соковою парою першого корпусу, третій - соковою парою другого і т.д. Для багаторазового використання пари, що гріє, яка надходить в перший корпус, в наступних корпусах температура знижується через поступовий спад тиску в надсоковому просторі апаратів. Для створення різного тиску в ступенях, в першу ступінь подається пара підвищеного тиску, а в останній підтримується розрідження (випарна установка під розрідженням). Оскільки процес випарювання неперервний, а кількість соку, який надходить, і відбір сокової пари змінюється в часі, то підтримка оптимального режиму роботи випарної станції можлива тільки за умови стабілізації рівнів соку в корпусах випарних апаратів, що гарантує найкращі умови теплообміну і безперебійне постачання споживачів соковою парою необхідного потенціалу.

Сік з температурою 86°C підігривається в групі підігривачів і при температурі 126°C надходить в I корпус випарної станції. В цей корпус також подається ретурна пара під тиском 0.29 МПа і температурою 136°C .

Завдяки п'ятиступінчастій технології випарювання на виході з концентратора (п'ятого корпусу) виходить сироп з вмістом СВ 65 - 70%. При згущенні соку випаровуванням кристалоїди, що надійшли з соком, а також

утворюються в результаті реакцій розкладання деяких органічних кислот і взаємодії продуктів їх розпаду з карбонатами, переходять в пересичений стан і випадають в осад.

Для очищення сиропу застосовують процес сульфитації і фільтрації. Перед фільтруванням сироп підігрівають до 85 - 90°C для зменшення його в'язкості. Після фільтра сироп надходить до збірки сиропу на вакуум апарати.

3 ПРОГРАМОВАНІ КОНТРОЛЕРИ SIMATIC S7-200

3.1 Огляд будови SIMATIC S7-200

У найпростішому вигляді SIMATIC S7-200 складається з блоку електроживлення, центрального модуля і модулів вводу/виводу, які представлені у вигляді блоків на носії модулів. Уже цим основним набором можна реалізувати дуже потужні функції управління. Крім функцій для обробки входів і виходів центральний модуль має так само численні маркери, таймери і лічильники. Крім цього, SIMATIC S7-200 може зчитувати і обробляти дані і програми.

У разі використання аналогових модулів вводу/виводу S7-200 може обробляти також аналогові значення напруги, струму і опору.

Модульна конструкція, робота з природним охолодженням, можливість застосування структур локального і розподіленого вводу-виводу, широкі комунікаційні можливості, безліч функцій, підтримуваних на рівні операційної системи, зручність експлуатації і обслуговування забезпечують можливість отримання рентабельних рішень для побудови систем автоматичного управління в різних областях промислового виробництва .

Ефективному застосуванню контролерів сприяє можливість використання декількох типів центральних процесорів різної продуктивності, наявність широкої гама модулів вводу-виводу дискретних і аналогових сигналів, функціональних модулів і комунікаційних процесорів.

3.2 Склад контролерів SIMATIC S7-200

Контролери SIMATIC S7-200 мають модульну конструкцію і можуть включати до свого складу:

- модуль центрального процесора (CPU). Залежно від ступеня складності розв'язуваної задачі в контролерах можуть бути використані різні типи центральних процесорів, що відрізняються продуктивністю, об'ємом пам'яті, наявністю або відсутністю вбудованих входів-виходів і спеціальних функцій, кількістю і видом вбудованих комунікаційних інтерфейсів і т.д .;

- модулі блоків живлення (PS), що забезпечують можливість живлення контролера від мережі змінного струму напругою 120 / 230В або від джерела постійного струму напругою 24/48/60 / 110В;

- сигнальні модулі (SM), призначені для введення-виведення дискретних і аналогових сигналів з різними електричними і часовими параметрами;

- комунікаційні процесори (CP) для підключення до мереж PROFIBUS, Industrial Ethernet, AS-Interface або організації зв'язку по PtP (point to point) інтерфейсу;

- функціональні модулі (FM), здатні самостійно вирішувати завдання автоматичного регулювання, позиціювання, обробки сигналів. Функціональні модулі забезпечені вбудованим мікропроцесором і здатні виконувати покладені на них функції навіть у разі відмови центрального процесора ПЛК;

- інтерфейсні модулі (IM), що забезпечують можливість підключення до базового блоку (стійка з CPU) стійок розширення введення-виведення. Контролери SIMATIC S7-200 дозволяють використовувати в своєму складі до 32 сигнальних і функціональних модулів, а також комунікаційних процесорів, розподілених по 4 монтажних стійках. Всі модулі працюють з природним охолодженням.

Конструкція контролера відрізняється високою гнучкістю і зручністю обслуговування:

- Все модулі встановлюються на профільну шину DIN і фіксуються в робочих положеннях гвинтами. Об'єднання модулів в єдину систему виконується за допомогою шинних з'єднувачів (входять в комплект поставки кожного модуля), що встановлюються на тильну частину корпусу.

- Довільний порядок розміщення модулів в монтажних стійках. Фіксовані посадочні місця повинні займати тільки блоки живлення, центральні процесори і інтерфейсні модулі.

- Наявність знімних фронтальних з'єднувачів (замовляються окремо), що дозволяють виробляти швидку заміну модулів без демонтажу їх зовнішніх кіл і що спрощують виконання операцій підключення зовнішніх кіл модулів. Механічне кодування фронтальних з'єднувачів виключає можливість виникнення помилок при заміні модулів.

- Застосування модульних і гнучких з'єднувачів TOP Connect, істотно спрощують виконання монтажних робіт і знижують час їх виконання.

3.3 Характеристика модулів контролера

3.3.1 Модулі центральних процесорів S7-200 представлені лінійкою моделей CPU 210, CPU 212, CPU 214, CPU 215, CPU 216, CPU 221, CPU 222, CPU 224. В найбільш потужних CPU забезпечується можливість використання всіх дискретних входів в якості входів апаратних переривань, підтримуються функції швидкісного рахунку, вимірювання частоти або тривалості періоду, ПД-регулювання, позиціювання по одній осі, переведення частини дискретних виходів в імпульсний режим. Система команд центральних процесорів включає до свого складу більше 350 інструкцій і дозволяє виконувати:

- логічні операції, операції зсуву, обертання, доповнення, операції порівняння, перетворення типів даних, операції з таймерами і лічильниками;

- арифметичні операції з фіксованою і плаваючою крапкою, знаходження квадратного кореня, логарифмічні операції, тригонометричні функції, операції з дужками;

- операції завантаження, збереження і переміщення даних операції переходів, виклику блоків, і інші операції.

Для програмування і конфігурації контролерів SIMATIC S7-200 можуть використовуватися пакети STEP 7 або STEP 7 Lite. Пакет STEP 7 Lite може застосовуватися для програмування і конфігурації контролерів S7-200, використовуваних тільки в якості автономних систем управління, що не містять CP і FM.

Крім того, для програмування контролерів S7-200 може використовуватися також весь набір програмного забезпечення Runtime, а також широкий спектр інструментальних засобів проектування.

Технічні характеристики центрального процесора CPU 224 представлені в табл. 3.1.

3.3.2 Модулі вводу-виводу аналогових сигналів випускаються в пластикових корпусах, які можуть встановлюватися на 35-мм профільну шину DIN з кріпленням засувками або на плоску поверхню з кріпленням гвинтами. Підключення до сусідніх модулів проводиться за допомогою шинних з'єднувачів або плоским кабелем. Зовнішні кола підключаються до клем з гвинтовими затискачами. Клеми закриті захисними кришками.

Модулі вводу аналогових сигналів призначені для аналого-цифрового перетворення вхідних аналогових сигналів контролера в його внутрішні логічні сигнали. На лицьовій панелі модулів розташовані світлодіоди індикації його станів.

Технічні характеристики модуля вводу аналогових сигналів EM 231 представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики центрального процесора CPU 224

Характеристика	Значення
Пам'ять програм користувача (EEPROM)	8 Кбайт/2.6К інструкцій
Пам'ять даних	2.5Кбайт
Модуль розширення пам'яті	1 (EEPROM)
Збереження програми	Вся програма зберігається у вбудованому EEPROM
Час виконання логічної операції	0.37мкс
Кількість аналогових входів-виходів системи	до 26
Ступінь захисту	IP 20 згідно ІЕС 529
Діапазон робочих температур: - горизонтальна орієнтація корпусу - вертикальна орієнтація корпусу	0...55°C 0...45°C
Відносна вологість	5...95% (RH рівень 2 згідно ІЕС 1131-2)
Напруга живлення L + / L1: - номінальне значення - допустимий діапазон змін	=24В 24.4...28.8В
Споживаний струм	120..900мА
Габарити, мм	120.5x80x62
Маса	0.36кг

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики модуля вводу аналогових сигналів

Характеристика	Значення
Кількість входів	16
Параметри входних сигналів	0...5В; 0...10В; ±2.5В; ±5В; 0...20мА
Допустиме значення входної напруги	До 30В
Допустиме значення входного струму	До 32мА
Час аналого-цифрового перетворення	25мкс
Похибка перетворення	±1.2%
Споживаний струм: - від джерела живлення = 5В - від джерела живлення = 24В	70мА 60мА
Споживана потужність	2Вт
Габарити, мм	71x80x62
Маса	0.2кг

Модулі виведення аналогових сигналів призначені для цифро-аналогового перетворення внутрішніх цифрових величин контролера в його вихідні аналогові сигнали. На лицьовій панелі модулів розташовані світлодіоди індикації його станів.

Технічні характеристики модуля виведення аналогових сигналів EM 232 представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики модуля виведення аналогових сигналів

Характеристика	Значение
Кількість виходів	8
Параметри вихідних сигналів	$\pm 10\text{В}; \dots 20\text{мА}$
Напруга на розімкнутому виводі	15В
Час встановлення	
- сигналів напруги	100мкс
- сигналів сили струму	2мс
Основна похибка перетворення	0.5% (при 25°C)
Робоча похибка перетворення	2.0% (при 60°C)
Споживаний струм:	
- від джерела живлення = 5В	70мА
- від джерела живлення = 24В	60мА
Споживана потужність	2Вт
Габарити, мм	46x80x62
Маса	0.2кг

3.3.3 В комплекті з контролерами SIMATIC S7-200 можуть бути використані блоки живлення SITOP E24 / 3.5. Блоки живлення розміщуються в пластмасових корпусах і мають спільні з контролерами S7-200 способи монтажу.

Технічні характеристики блоків живлення SITOP E24/3.5 наведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики блоків живлення SITOP E24/3.5

Характеристика	Значення
Вхідна напруга	Однофазна
Вхідна напруга: - номінальне значення - допустимий діапазон змін	~120/230В ~93...132В/~187...264В
Споживаний струм	1.65А (~120В)/0.95А(~230В)
Споживаний струм імпульсний	33А (до 3мс)
Частота змінного струму: - номінальне значення - допустимий діапазон змін	50/60Гц 47...63Гц
Вихідна напруга	=24В
Допустиме відхилення вихідної напруги	До $\pm 5\%$ ($\pm 2\%$ – типовое значення)
Струм навантаження	До 3.5 А
Обмеження вихідного струму	3.8А
ККД	84%
Потужність, що розсіюється	16Вт
Габарити, мм	160x80x62
Маса	0.5кг

3.3.4 Сигнальні модулі. Широка гамма модулів введення-виведення дискретних і аналогових сигналів дозволяє максимально адаптувати S7-200 до вимог розв'язуваної задачі. У складі S7-200 можуть використовуватися сигнальні модулі стандартного виконання, модулі з розширеним набором діагностичних функцій, модулі Ex-виконання.

3.3.5 Комунікаційні процесори - це інтелектуальні модулі, що виконують автономну обробку комунікаційних завдань для промислових мереж AS-Interface, PROFIBUS, Industrial Ethernet і інтерфейс PtP.

3.3.6 Функціональні модулі - інтелектуальні модулі введення-виведення, оснащені вбудованим мікропроцесором і здатні виконувати завдання автоматичного регулювання, позиціювання, швидкісного рахунку, управління переміщенням і т.д. Цілий ряд функціональних модулів здатний продовжувати виконання покладених на них завдань навіть в разі зупинки центрального процесора. Крім того, в складі S7-200 можуть використовуватися модулі систем зважування та дозування сімейства SIWAREX.

3.3.7 Інтерфейсні модулі. Більшість центральних процесорів S7-200 дозволяє використовувати в системі локального введення-виведення до 32 модулів різного призначення. При цьому для розміщення модулів може знадобитися до 4 монтажних стійок. Зв'язок між монтажними стійками здійснюється через інтерфейсні модулі. Модулі IM 365 дозволяють створювати 2-рядні конфігурації, модулі IM 360 і IM 361 - 2-, 3- і 4-рядні конфігурації.

3.4 Програмне забезпечення SIMATIC

Промислове програмне забезпечення SIMATIC - це система тісно пов'язаних інструментальних засобів для програмування і обслуговування систем автоматизації SIMATIC S7/C7, а також систем комп'ютерного управління SIMATIC WinAC. Ці інструментальні засоби містять вичерпний набір функцій, необхідних для всіх етапів розробки та експлуатації систем автоматичного управління:

- Планування, проектування, конфігурація і налаштування параметрів апаратури та систем зв'язку.
- Розробка програми користувача.
- Документування.

- Тестування і налагодження.
- Обслуговування.
- Управління процесом.
- Архівація даних.

Об'єднання всіх програмних пакетів єдиним інтерфейсом забезпечує можливість однакового виконання всіх етапів робіт.

Промислове програмне забезпечення SIMATIC розробляється з урахуванням вимог міжнародних стандартів:

- DIN EN 6.1131-3, вимогам якого відповідають всі мови програмування контролерів SIMATIC. Це полегшує вивчення програмного забезпечення та дозволяє знизити витрати на підготовку персоналу.

- Windows NT / ME / 2000PROF / XP PROF з їх графічними і об'єктно-орієнтованими методами проектування.

Уніфікація промислового програмного забезпечення SIMATIC базується на трьох основних принципах:

1. Загальне управління даними: всі дані проекту (наприклад, символічні змінні, параметри конфігурації і настройки) зберігаються в єдиній базі даних і доступні всім інструментальним засобам. Це дозволяє економити час і виключати виникнення помилок через багаторазове введення одних і тих же даних.

2. Узгоджена система інструментальних засобів: для кожної фази виконання проекту можуть використовуватися свої, найбільш зручні для виконання цих завдань, інструментальні засоби.

3. Відкритість: системна платформа промислового програмного забезпечення SIMATIC відкрита для інтеграції в офісне середовище управління виробництвом.

Висока продуктивність промислового програмного забезпечення SIMATIC:

- проблемно - орієнтовані інструментальні засоби, що забезпечують простоту вирішення широкого кола завдань автоматизації;

- багаторазове використання секцій програми (написані раніше секції програм можуть зберігатися у вигляді бібліотек і легко копіюватися в нові проекти);

- паралельна розробка окремих частин проекту декількома проектувальниками;

- вбудовані діагностичні функції, що істотно знижують час налагодження будь-якої програми.

Промислове програмне забезпечення SIMATIC має модульну організацію. Різні інструментальні засоби можуть використовуватися як комплексно, так і індивідуально.

Все промислове програмне забезпечення SIMATIC підрозділяється на три класи:

- стандартні інструментальні засоби; ці засоби є основою для програмування апаратури SIMATIC;

- інструментальні засоби проектування: мови програмування високого рівня і технологічно орієнтоване програмне забезпечення;

- програмне забезпечення Runtime: готове до використання програмне забезпечення, яке потребує для свого запуску тільки налаштування параметрів.

Стандартні інструментальні засоби є базовими інструментальними засобами для програмування систем автоматизації SIMATIC S7 / C7 / WinAC. Без наявності цих інструментальних засобів програмування систем автоматизації SIMATIC неможливо. STEP 7 - це базовий пакет програм, що включає до свого складу весь спектр інструментальних засобів, необхідних для програмування і експлуатації систем управління, побудованих на основі програмованих контролерів SIMATIC S7 / C7, а також систем комп'ютерного управління SIMATIC WinAC. STEP 7 поставляється в трьох варіантах:

- 1) STEP 7 Lite - полегшена версія, яка використовується для програмування тільки SIMATIC S7-300 і SIMATIC C7;

- 2) STEP 7 - повна версія для додатків, пов'язаних із застосуванням всіх систем автоматизації SIMATIC;

3) STEP 7 Professional - це пакет програм. До складу пакету входять STEP 7, S7-SCL, S7-GRAPH і S7-PLCSIM.

Відмінною особливістю пакета STEP 7 є можливість розробки комплексних проектів автоматизації, що базуються на використанні безлічі програмованих контролерів, промислових комп'ютерів, пристроїв і систем людино-машинного інтерфейсу, пристроїв розподіленого вводу-виводу, мережевих структур промислового зв'язку. Обмеження на розробку таких проектів накладаються тільки функціональними можливостями програматорів або комп'ютерів, на яких встановлено STEP 7.

Інструментальні засоби STEP 7 дозволяють виконувати:

- Конфігурацію і визначення параметрів настройки апаратури.
- Конфігурацію систем промислового зв'язку та налаштування параметрів передачі даних.
- Програмування, тестування, налагодження і запуск програм окремих систем автоматизації, а також їх локальне або дистанційне обслуговування.
- Документування та архівування даних проекту.
- Функції оперативного управління і діагностування апаратури.

STEP 7 входить в комплект поставки програматоров SIMATIC Field PG і SIMATIC Power PG. Він може поставлятися у вигляді самостійного пакета програм для персональних комп'ютерів, що працюють під управлінням операційних систем Windows 95/98 / NT / ME / 2000PROF / XP PROF. Для можливості підключення програмованих контролерів комп'ютер повинен бути оснащений MPI картою або PC / MPI адаптером і з'єднувальним кабелем. STEP 7 забезпечує паралельне виконання робіт по одному проекту кількома розробниками. Єдиним обмеженням при цьому є неможливість одночасного запису даних декількома розробниками.

4 АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИПАРНОЇ СТАНЦІЇ

4.1 Автоматизація ділянки випарювання

Процес випарювання в цукробуряковому виробництві призначений для підвищення концентрації цукру в розчині шляхом видалення з нього води у вигляді пари. Процес проводиться в умовах атмосферного або надлишкового тиску або під вакуумом. При цьому найбільш економічно випарювання під вакуумом. Зниження витрат виникає внаслідок того, що при випаровуванні під вакуумом знижується температура кипіння розчину, тому може бути використана пара низького тиску.

Для створення більш економічних процесів випарювання в цукробуряковому виробництві використовуються багатокорпусні випарні установки. В цьому випадку вторинну пару можемо використовувати для обігріву наступних корпусів випарної установки.

У даній роботі автоматизується п'ятикорпусна випарна станція з концентратором під погіршеним вакуумом. На перший корпус такої станції надходить близько 56% до маси буряка ретурної і скороченої пари абсолютним тиском 2,92 кгс/см і температурою 136°C. Сокові пари (екстра-пари) корпусів випарної станції використовуються для обігріву теплообмінної апаратури заводу і наступних корпусів самої станції випарювання соку.

Сироп в суміші з клеровкою направляється на сульфитацію, а конденсати корпусів випарної станції та іншої теплообмінної апаратури використовуються для живлення парових котлів, промивки фільтраційного осаду, живлення дифузійної установки і інших цілей.

Таким чином, на випарній станції вирішується цілий ряд питань, пов'язаних з якісною і економічною роботою заводу. Від випарної станції потрібно пропустити весь сік, що надійшов зі станції сокоочищення, і довести його до потрібної щільності з мінімальною затратою тепла за умови

забезпечення парою теплоспоживачів заводу. Дотримання одночасно такої кількості вимог неможливо при ручному управлінні процесом. Проведені на одному з цукрових заводів порівняльні випробування неавтоматизованої і автоматизованої випарних станцій показали, що при ручному регулюванні середня концентрація сиропу була 43,2% СР, при автоматичному - 54,7% СР. Коливання в витраті пари на I корпус при ручному управлінні становили 7-8 т/год, при автоматичному - 2 - 3 т/год. При автоматичному регулюванні витрата пари знижується на 5% до маси буряка. Підвищення концентрації сиропу при автоматичному регулюванні процесу викликано вирівнюванням сокового потоку, збільшенням коефіцієнта теплопередачі при підтримці оптимальних рівнів в апаратах і правильної подачею пари на випарну станцію відповідно до паровідбору.

Запропоновано схеми автоматизації, що передбачають дотримання співвідношення сік/пара. Це означає, що при зміні сокового потоку змінюється тиск пари, що гріє в I корпусі для регулювання випарної здатності випарної станції. При цьому передбачається, що щільність соку, що надходить і відбір екстрапари не коливаються, а поверхня нагріву залита до оптимального рівня і не покрита накипом. Практично всі ці величини мають значні відхилення. Такі схеми не забезпечують отримання сиропу заданої щільності і дотримання максимально допустимої температури кипіння соку в I корпусі, що призводить до перегріву соку і втрат цукру. За іншими схемами задана щільність сиропу досягається поверненням частиною сиропу на випарювання або збільшенням часу випарювання. Це призводить до зменшення продуктивності станції і підвищення кольоровості сиропу.

Запропоновано схеми автоматизації з введенням корекції за величиною накипуутворення (зміна температурного перепаду на корпусі) і установкою постійного теплоспоживача (наприклад, пароструйного компресора) для створення «голодного» режиму роботи станції і компенсації нестачі сокових парів наступних корпусів парами попередніх.

Найважливішим завданням автоматизації випарної станції є підтримка оптимальних рівнів в корпусах. Це пов'язано з тим, що максимальний коефіцієнт теплопередачі від пари до соку досягається в тому випадку, якщо сік знаходиться в трубках на певному рівні. Зниження рівня соку проти оптимального значення викликає погіршення циркуляції і часткове оголення поверхні нагрівання. Це призводить до зменшення продуктивності апарату і карамелізації цукру при попаданні бризок на оголені трубки. Підвищення рівня сприяє збільшенню циркуляції і зниження продуктивності в результаті зростання температурних втрат, зумовлених гідростатичним ефектом.

При тимчасовій нестачі соку на випарну станцію необхідно подати воду для запобігання оголення поверхні нагрівання і забезпечення теплоспоживачів паром. Запропоновано декілька способів автоматичної подачі води на станцію: по мінімальному рівню в збірнику соку перед випарної станцією, по витраті соку на станцію, по мінімальному рівню в I корпусі, по мінімальних рівнях в збірнику соку і I корпусі одночасно, по перепаду тиску між парової камерою і надсоковим простором I корпусу. Останній спосіб заснований на тому, що при недостатньому надходженні соку рівень в I корпусі знижується до такого ступеня, при якому починає погіршуватися теплопередача і різниця тиску між парової камерою і надсоковим простором різко зростає по відношенню до різниці тиску при максимальному навантаженні. Підвищення різниці тисків і служить імпульсом для подачі води.

4.2 Основні рішення по автоматизації технологічного процесу

Випарна установка цукрового заводу є важливим об'єктом автоматизації, так як при установці автоматичних приладів контролю і регулювання відбувається:

- значна економія тепло- та енергоносіїв;
- економія пального;

- поліпшується стабільність роботи;
- поліпшується якість цукру;
- збільшуються обсяги переробки;
- підвищується вихід цукру.

При автоматизації випарної станції цукрового заводу повинні бути передбачені: контроль і регулювання подачі випарюваного соку на установку, рівня в корпусах випарної установки, тиску сокової пари в корпусах і розрідження в п'ятому корпусі, продуктивності корпусів, концентрації сиропу, контроль щільності соку перед випарної станцією і сиропу після випарної установки.

Дана робота передбачає автоматизацію наступних параметрів:

- регулювання тиску в I корпусі випарної станції;
- регулювання розрідження в V корпусі випарної станції;
- контроль рівня в збірниках соку та сиропу;
- регулювання рівня припливу сиропу;
- вимір витрати соку;
- вимір СВ соку та сиропу;
- регулювання рівня в I корпусі випарної станції;
- регулювання витрати сиропу;
- сигналізація зупинки насосів.

Тиск сокової пари I корпусу стабілізується по жорсткої програмі. З плином часу, якщо кількість накипу на поверхнях апарату збільшується, задане значення тиску періодично підвищують для збереження заданої продуктивності випарної станції. Підтримка тиску здійснюється впливом на подачу ретурної пари в парову камеру.

Розрідження в V корпусі підтримується шляхом зміни відбору вторинної пари.

Регулювання рівня припливу сиропу здійснюється шляхом зміни подачі сиропу.

При вимірі рівнів, а також витрат використовується п'єзометричний метод. Для лінійної залежності витрати від висоти стовпа рідини в витратомірах дифузійного соку і аміачної води стоїть профільна щілина, перед якою вимірюється рівень соку. Витрата соку пропорційна висоті стовпа соку.

Для подачі стисненого повітря на п'єзотрубку застосовуються регулятори витрати повітря РВП - 1. Тиск повітря, прямо пропорційно висоті стовпа рідини, подається на вимірювальні перетворювачі Сапфір. Вони призначені для неперервного перетворення надлишкового тиску стисненого повітря в електричний уніфікований сигнал постійного струму 4-20 мА.

Для вимірювання тиску в першому корпусі випарної станції виберемо перетворювач тиску Сапфір 22М-ДІ. Перетворювачі тиску і перепаду тиску доцільно використовувати і при вимірюванні інших параметрів.

Для вимірювання рівня сиропу гідростатичним методом в ємностях сиропу на вакуум-апаратах і в збірнику соку можна застосувати всі ті ж перетворювачі тиску Сапфір. Сигнали з перетворювачів Сапфір уніфіковані 4 - 20мА. Вихід величини цього сигналу за встановлені межі свідчить про аварійну ситуацію технологічного процесу або про неполадки з датчиком або його лінією.

Витрата аміачної води і фільтрованого соку перед подачею на випарні апарати доцільно вимірювати щілинними витратомірами (звуження потоку ДК6). Тиск в трубці, яка залежить від глибини занурення в вимірювану середу перед профільною щілиною, можна вимірювати все тим же перетворювачем тиску Сапфір 22М-ДД.

При виборі рівнемірів в випарних апаратах можна зіткнутися з рядом факторів, які не допускають установку того чи іншого виду рівнеміра. Найпростіший, надійний і відповідний рівнемір для установки в випарних апаратах є буйковий рівнемір такий як УБ-ЕМ-2620, чутливий елемент якого не сприймає температури вимірюваного середовища і майже не сприймає зміни в'язкості цього середовища.

Для вимірювання сухих речовин дифузійного соку можна застосувати тензометричний перетворювач ваги НВМ РW6KRC3/5K-С, який виконує роль

первинного перетворювача сухих речовин в фільтрованому соку. На виході датчика виходить сигнал 1-10 мВ. Цей сигнал подається на перетворювач БПТ-2, який перетворює неуніфікований сигнал 0-10 мВ в уніфікований 4-20 мА. Від нього сигнал надходить на контролер.

4.2.1 Система АСУТП включає в себе контролер SIMATIC S7-200 фірми Siemens, який призначений для управління технологічним процесом випарювання. Контролер приймає уніфіковані сигнали від датчиків, обробляє їх відповідно до програми записаної в ньому і видає керуючі сигнали на виконавчі механізми, а також сигналізують сигнали на виносну мнемосхему.

Залежно від кількості і виду оброблюваних сигналів контролери можуть мати різні конфігурації, які реалізуються за допомогою різноманітних модулів встановлюваних на шасі.

4.2.2 Зовнішня мнемосхема - це принципова технологічна схема обладнання та комунікацій, задіяних в технологічному процесі. На ній за допомогою світлової сигналізації відображаються порушення особливо важливих параметрів АСУТП від норм технологічного режиму, а також сигналізується аварійна зупинка технологічного обладнання.

4.2.3 Персональна обчислювальна машина, що обслуговує випарну станцію, є автоматизованим робочим місцем (АРМ) оператора випарювання. АРМ являє собою сукупність апаратних і програмних засобів службовців для управління технологічним процесом. Персональний комп'ютер призначений для відображення реальної картини роботи виробничої дільниці. На ньому можна відстежити і проаналізувати роботу протягом години, зміни, доби і т.д. При необхідності можна втрутитися в роботу процесу і дистанційно в ручному режимі впливати на виконавчий механізм. На ПЕОМ можна змінити встановлені дані для регуляторів, коефіцієнти співвідношення та інші виробничі величини.

4.3 Технологічний алгоритм управління випарної станцією

Основним регульованим параметром в алгоритмі управління процесом випарювання соку є витрата сиропу з V корпусу Fсп.

Додатковими регульованими параметрами, які надають прямий вплив на процес випарювання соку, є:

- розрідження в V корпусі P5;
- тиск ретурної пари на 1-й корпус P1.

У цьому технологічному алгоритмі передбачено автоматичне регулювання і автоматично пов'язане з іншими параметрами управління вищеназваними параметрами.

Розрідження в V корпусі випарювання P5 автоматично контролюється і регулюється. Регулювання здійснюється в режимі автоматичної стабілізації і забезпечується автоматичною заслінкою, встановленої на трубопроводі вторинної пари і змінює його витрату.

Системою передбачено включення автоматичних корекцій - динамічних блокувань на зміну завдання в контурі стабілізації P5 при наближенні до критичних значень рівнів в збірнику соку перед випаровуванням L_{cmax} , L_{cmin} і в збірнику сиропу перед вакуум-апаратами $L_{спmax}$:

якщо рівень $L_c \geq L_{cmax}$, то розрідження P5 має збільшуватися;

якщо рівень $L_c \leq L_{cmin}$, то розрідження P5 має зменшуватися;

якщо рівень $L_{сп} \geq L_{спmax}$, то розрідження P5 має зменшуватися.

Значення L_{cmax} , L_{cmin} , $L_{спmax}$ визначаються в процесі технологічної наладки і можуть змінюватися в залежності від технологічної обстановки.

Навантаження на випарку визначається витратою сиропу з V корпусу Fсп, що вимірюється індукційним витратоміром.

Витрата сиропу Fсп регулюється в режимі автоматичної стабілізації або в режимі співвідношення з кількістю сухих речовин, що подаються на випарки в фільтрованому соку 2-й сатурації Q_c , яке неперервно програмно розраховується за формулою:

$$Q_c = \frac{F_{cpr} \cdot 1,025 \cdot CP_{cpr}}{100\%}$$

де: 1,025 - щільність соку в т/м³ в діапазоні СР 10-15% і температурі соку 80-90°С;

СР_{ср} - усереднений зміст сухих речовин в соку, що подається зі збірки перед випарюванням в перший корпус, що вимірюється автоматичним густиномірами;

Г_{ср} - усереднена витрата фільтрованого соку, що подається в збірник перед випаровуванням, вимірювана щілинним витратоміром.

Час усереднення СР_{ср} і Г_{ср} визначається в процесі технологічної наладки і може змінюватися в залежності від технологічної обстановки.

Г_{сп} регулюється частотним перетворювачем приводу насоса подачі сиропу з концентратора в сульфитатор.

На завдання по стабілізації витрати сиропу Г_{сп} або на коефіцієнт співвідношення Г_{сп}/Q_{ср} впливають неперервнодіючі автоматичні корекції від зміни СР сиропу з V корпусу С_{всп} і від зміни рівня в збірнику соку перед випаровуванням L_{ср} (усереднене значення).

Частка і ступінь впливу на завдання в контурі стабілізації витрати сиропу Г_{сп} або на коефіцієнт в контурі співвідношення Г_{сп}/Q_{ср} кожної з двох корекцій визначаються в процесі технологічної наладки.

Приклад:

якщо вміст СР С_{всп} збільшується, то витрата сиропу Г_{сп} (коефіцієнт Г_{сп} / Q_{ср}) повинен збільшуватися;

якщо вміст СР С_{всп} зменшується, то витрата сиропу Г_{сп} (коефіцієнт Г_{сп} / Q_{ср}) повинен зменшуватися;

якщо рівень соку L_{ср} збільшується, то витрата сиропу Г_{сп} (коефіцієнт Г_{сп} / Q_{ср}) повинен збільшуватися; якщо рівень соку L_{ср} зменшується, то витрата сиропу Г_{сп} (коефіцієнт Г_{сп} / Q_{ср}) повинен зменшуватися.

Якщо вміст сухих речовин сиропу $S_{всп}$ збільшується, а рівень в збірнику соку $L_{ссп}$ зменшується, то витрата сиропу $F_{сп}$ (коефіцієнт $F_{сп}/Q_{ссп}$) повинна зменшуватися, але зменшення її повинно припинитися при досягненні вмісту сухих речовин сиропу значення $CR_{спmax}$ і вона повинна збільшуватися, якщо $S_{всп} > max$. Це умова передбачена алгоритмом як захист від підвищення вмісту сухих речовин сиропу $S_{всп}$ вище критичних значень, тобто від "заварювання випарювання".

Захистом від спустошення збірника перед випарюванням в цьому випадку, крім автоматичного зниження розрідження $P5$, є передбачена автоматична подача аміачної води - автоматична заслінка, встановлена на трубопроводі від збірки аміачної води до збірника соку, відкривається дискретно при досягненні рівня в збірнику соку значення $L_{сmin}$. При підвищенні рівня на 2-3% вище $L_{сmin}$ заслінка закривається.

Автоматична подача аміачної води в збірник соку перед випарюванням повинна здійснюватися при додатковій умови - рівень в 1-му корпусі випарювання $L1$ повинен бути нижче заданого.

Додатковим захистом від "заварювання випарювання" є передбачене алгоритмом блокування - неможливість зниження витрати сиропу $F_{сп}$ при роботі в автоматичному режимі менш встановленого відсотка шкали витрати.

Для захисту від переливу збірки перед випарюванням, крім автоматичного підвищення розрідження $P5$, необхідно виконати наступну умову, і вона передбачена алгоритмом:

якщо $S_{всп}$ зменшується, а $L_{ссп}$ збільшується, то $F_{сп}$ (коефіцієнт $F_{сп} / Q_{ссп}$) повинен збільшуватися, але збільшення його повинно припинитися при досягненні встановленого максимального рівня в збірнику сиропу перед вакуум-апаратами $L_{ва}$ і він повинен зменшуватися, якщо $L_{ва} > max$.

В цьому випадку в сиропний збірник перед вакуум-апаратами тимчасово буде надходити сироп зі зниженим вмістом CR (що не може вважатися аварійною ситуацією і не вплине істотно на утримання CR сиропу, що подається на вакуум апарати).

Для захисту від переповнення збірки перед вакуум-апаратами $L_{втах}$, крім автоматичного зниження P_5 , передбачено автоматичне зниження завдання на $F_{сп}$ або коефіцієнта $F_{сп} / Q_{ссп}$, але не менше встановленого відсотка шкали витрати сиропу і до досягнення критичного значення $S_{Pсптах}$.

В цей же час спрацьовує аварійна сигналізація $L_{свтах}$, одночасно закликає оператора випарювання перевести $F_{сп}$ в ручне управління, зв'язатися з операторами дефекосатурації та дифузії про необхідність зниження навантаження по буряках і з оператором ТЕЦ про зниження $P_{рет}$.

Всі автоматичні корекції, введені в контур автоматичного регулювання витрати сиропу $F_{сп}$ не роблять впливу на зміни завдання за рівнями в усіх корпусах випарювання, які автоматично утримуються відповідними контурами регулювання рівнів відповідно до завдань.

Підтримка рівня в концентраторі L_5 здійснюється тільки контуром його стабілізації, тому що автоматична заслінка, встановлена на лінії відкачування сиропу з концентратора, регулює навантаження на випарки витратою сиропу $F_{сп}$.

Автоматичне регулювання рівня в 1-му корпусі випарювання L_1 забезпечується частотним перетворювачем оборотів приводу насоса подачі соку зі збірки перед випарюванням в 1-й корпус випарювання.

Система забезпечує програмний неперервний розрахунок інтегральних значень витрат з початку зміни (добі і ін.):

$F_{ссм}$ - витрата фільтрованого соку в збірник перед випарюванням;

$F_{спсм}$ - витрата сиропу з концентратора;

$Q_{ссм}$ - кількість сухих речовин, що подаються з соком на випарювання.

Інформація по інтегральних значеннях витрат відображається на екрані монітора ПК в табличній і графічній формі.

Відхилення параметрів АСУТП від норм технологічного режиму мають звукову та світлову сигналізацію на екрані монітора ПК.

На виносній мнемосхемі індивідуальної світловою сигналізацією, що супроводжується включенням звукового сигналу, відображаються порушення особливо важливих параметрів АСУТП, а також зупинка насосів.

№ п\п	Технол. шифр	Найменування параметра
1	Lсmin	Рівень в збірнику соку перед випарюванням мінімальний
2	Lс max	Рівень в збірнику соку перед випарюванням максимальний
3	L1min	Рівень в I корпусі випарювання мінімальний
4	L1max	Рівень в I корпусі випарювання максимальний
5	L5min	Рівень в V корпусі випарювання мінімальний
6	L5max	Рівень в V корпусі випарювання максимальний
7	P5min	Розрідження в V корпусі мінімальне
8	P5max	Розрідження в V корпусі максимальне
9	СВспта	Вміст сухих речовин в сиропі з концентратора максимально
10	Lваmax	Рівень в збірнику сиропу з клеровкою перед ВА максимальний

Система забезпечує неперервне функціонування інформаційної та керуючої підсистем цілодобово без вихідних днів в період виробництва.

Всі відключення в роботі системи (відмова, помилки) викликають спрацьовування сигналізації порушення миготінням червоного фону в нижньому рядку монітора, а на мнемосхемі загоряється світлодіод.

При відключенні електроживлення система зберігає інформацію про: системне програмування контролера; конфігурацію каналів контролю і управління; конфігураціяцію алгоритмів (контурів) автоматичного регулювання; значення накопиченого масиву буфера даних.

4.4 Принципова електрична схема керування насосами

На кресленні СУмз-91С.151.04 СБ представлена принципова електрична схема управління насосами. Силова частина живлення і управління електродвигунів насосів показана умовно.

На схемі до вбудованих виходів R0.4 контролера серії S7 300 CPU312C (схема включення з загальним мінусом) підключені котушки реле K1-K4, розташованого в газовій котельні. Нормально розімкнуті і нормально замкнуті контакти котушок реле K1, K3 і K2, K4 відповідно утворюють або розривають електричне коло з напругою 220В. Напруга подається або знімається з магнітних пускачів KM1 і KM2, контакти яких знаходяться в силовій частині кола електродвигунів насосів. Таким чином за допомогою керуючих вихідних сигналів +24 В від контролера, здійснюється пуск (зупинка) насосів. Також до вбудованих виходів контролера підключені лампи розжарювання, що служать для сигналізації режиму роботи насосів.

Пуск або зупинка насосів може бути проведена або вручну за допомогою кнопок "Пуск" або "Стоп" (SB1-SB3 і SB2-SB4 відповідно), або в дистанційному режимі від оператора або від керуючої програми, якщо двополюсні перемикачі SA1-SA2 знаходяться в положенні " Дистанційне ввімкнення ".

Схема включення насосів виключає їх одночасну роботу: в колі управління насоса Н22/1 знаходиться нормально замкнутий контакт магнітного пускача KM2, також і в керуючому колі насоса Н22/2 знаходиться нормально замкнутий контакт магнітного пускача KM1.

На вбудовані входи R0.2 контролера надходять сигнали +24 В, що сигналізують про режими роботи насосів ("Дистанційне ввімкнення" - "Дистанційний вимикання" і "Основний" - "Резервний").

Також на схемі показані трьохполюсний автоматичний вимикач QF1, двополюсні автоматичні вимикачі QF4- QF3, захисні теплові реле KK1 і KK2.

5 СИНТЕЗ І АНАЛІЗ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Визначення оптимальних параметрів настройки ПД - регулятора проводимо по розширених амплітудно-фазових характеристиках.

Розширеною амплітудно-фазовою характеристикою системи називають відношення вектора гармонійних вимушених коливань, що загасають, на вході до вектору гармонійних коливань, що загасають, на виході.

Існують дві характеристики ступеня загасання: ψ - відносна ступінь загасання; m - логарифмічний декремент загасання, які пов'язані між собою співвідношенням:

$$\varphi = 1 - e^{-2\pi m}. \quad (5.1)$$

З попередньої формули (5.1) визначаємо логарифмічний декремент загасання m :

$$m = \frac{-\ln(1-\varphi)}{2\pi}. \quad (5.2)$$

Система автоматичного управління матиме необхідну відносну ступінь загасання, якщо розширена амплітудно-фазова характеристика розімкнutoї системи автоматичного управління проходить через точку на комплексній площині $(-1, j0)$, тобто

$$W_p(m, jw) * W_o(m, jw) = -1, \quad (5.3)$$

або

$$-W_p(m, jw) = 1 / W_o(m, jw). \quad (5.4)$$

Для отримання розширеної амплітудно-фазової характеристики необхідно в передавальну функцію підставити:

$$p = -mw + jw = w(j-m).$$

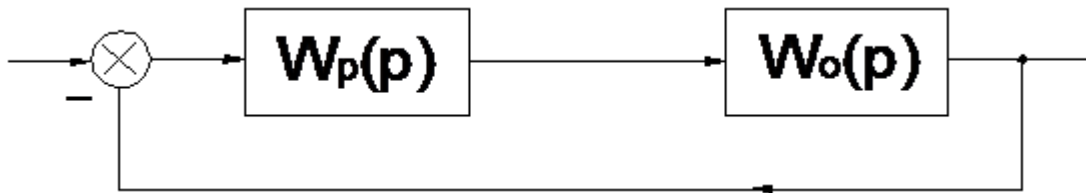


Рисунок 5.1- Структура схеми неперервної САУ

Передавальна функція нашого вихідного об'єкта має вигляд:

$$W_0(p) = \frac{T_5 p^2 + T_4 p + k_0}{T_3 p^3 + T_2 p^2 + T_1 p + 1}, \quad (5.5)$$

$$W_0(p) = \frac{0.86 p^2 + 6.9 p + 3.1}{60 p^3 + 47 p^2 + 12 p + 1}$$

$$\frac{1}{W_0(m, jw)} = W_0^*(m, jw) = Re^*(m, w) + jIm^*(m, w), \quad (5.6)$$

Формула (5.6) являє собою інверсну розширену амплітудно - фазову характеристику об'єкта.

Оскільки задане значення $\psi = 0.96$, то за формулою (5.2) розрахуємо значення m і підставимо його в формулу розширеної амплітудно-фазової характеристики, $m = 0.512$.

Перед тим, як розрахувати оптимальні параметри налаштування ПД-регулятора, визначимо частоту зрізу об'єкта.

Частота зрізу - значення частоти $w = w_c$, при якому значення амплітуди на виході не було б більше 3% від амплітуди при нульовій частоті.

Запишемо формулу амплітудно - фазової характеристики об'єкта:

$$W_0(j, w) = \frac{0.86(jw)^2 + 6.9(jw) + 3.1}{60(jw)^3 + 47(jw)^2 + 12(jw) + 1}. \quad (5.7)$$

Амплітудно-фазову характеристику об'єкта можна визначити з наступної формули:

$$|W_0(j\omega)| = \sqrt{Re^2(\omega) + Jm^2(\omega)}, \quad (5.8)$$

де $Re(\omega)$ - дійсна частина амплітудно-фазової характеристики;

$Jm(\omega)$ - уявна частина амплітудно-фазової характеристики.

$$|W_0(j\omega)| = \frac{\sqrt{0.739\omega^4 + 42.278\omega^2 + 9.61}}{\sqrt{3600\omega^6 + 769\omega^4 + 50\omega^2 + 1}}.$$

При нульовій частоті амплітуда дорівнює 3.1. Значить потрібно розрахувати $\omega = \omega_c$, щоб $|W_0(j\omega)| = 0.03 * 3.1 = 0.093$.

Таким чином необхідно розв'язати рівняння

$$\frac{\sqrt{0.739\omega^4 + 42.278\omega^2 + 9.61}}{\sqrt{3600\omega^6 + 769\omega^4 + 50\omega^2 + 1}} - 0.093 = 0, \quad (5.9)$$

Коренем цього рівняння є $\omega = 0.417$, отже й $\omega_c = 0.417$.

Для розрахунку оптимальних параметрів регулятора необхідно вирішити рівняння (5.6). Прирівнявши реальні і уявні частини в рівнянні (5.6), отримуємо розрахункові формули параметрів ПД регулятора:

$$C_0 = \omega(m^2 + 1)[Jm^*(m, \omega) + C_2\omega],$$

$$C_1 = mJm^*(m, \omega) - Re^*(m, \omega) + 2m\omega C_2.$$

де $C_0 = 1/T_u$; $C_1 = K_p$; $C_2 = T_g$.

Для ПД - регулятора маємо два рівняння з трьома невідомими, тоді задаємося відношенням:

$$\frac{T_g}{T_n} = \alpha(0 - 0.2),$$

Тоді визначення формули для ПД - регулятора набуває наступний вид:

$$C_0 = 0.5[a \cdot Jm^*(m, w) + \sqrt{a^2 Jm^{*2}(m, w) + 4awa}]$$

$$C_1 = mJm^*(m, w) - Re^*(m, w) + \frac{2mwa}{C_0}$$

де $a = w(m^2 + 1)$;

$$Re^*(m, w) = \frac{82.277w^5 - 535.649w^4 + 356.977w^3 - 148.48w^2 + 30.3w}{1.179w^4 - 7.68w^3 + 56.189w^2 - 21.928w + 9.61};$$

$$Jm^*(m, w) = \frac{-42.11w^5 - 321.106w^4 + 44.29w^3 - 3.487w^2 - 22.65w + 3.1}{1.179w^4 - 7.68w^3 + 56.189w^2 - 21.928w + 9.61}.$$

Розраховуємо оптимальні характеристики налаштування для ПД - регулятора:

$$\begin{cases} C_0 = 0.5(w(1.268)Jm^*(m, w) + \sqrt{w^2(1.268)^2 Jm^{*2}(m, w) + 0.4w(1.268)}) \\ C_1 = 0.512Jm^*(m, w) - Re^*(m, w) + \frac{0.2 \cdot 0.512w}{C_0} \end{cases} \quad (5.10)$$

Для кожного значення частоти від 0 до частоти зрізу визначаємо точки C_1C_0 і C_1 , які відповідають необхідному ступеню коливальності $m = 0.512$, вирішивши систему (5.10). Дані розрахунків представлені в таблиці 5.1. За цими даним побудуємо графік залежності $C_1C_0 = f(C_1)$.

Таблиця 5.1 - Дані для розрахунку оптимальних параметрів налаштувань ПД - регулятора

w	C ₀	C ₁	C ₁ C ₀
0	0	-0.323	0
0.1	0.12	0.097	0.012
0.2	0.2	0.485	0.097
0.3	0.226	0.913	0.207
0.4	0.184	1.447	0.266
0.417	0.172	1.556	0.268
0.5	0.113	2.206	0.25

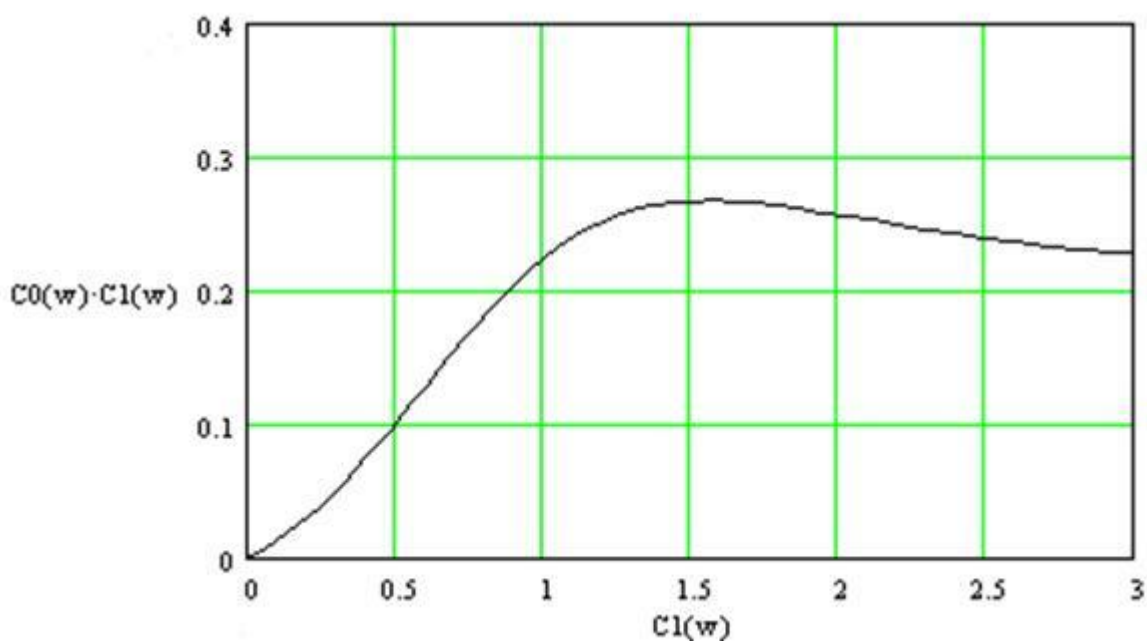


Рисунок 5.2. - Графік залежності $C_1 C_0 = f(C_1)$

Потрібно обрати точку, що міститься праворуч від глобального максимуму. Максимальне значення $C_1 C_0 = 0.268$, при $C_1 = 1.576$. Візьмемо точку

$C_1C_0 = 0.2592$ при $C_1 = 1.9456$. За цим параметром визначимо оптимальні характеристики регулятора:

$$C_1=K_p=1.9456; C_0 = \frac{1}{T_n} = 0.1332; T_n=7.506, \frac{T_\varepsilon}{T_n} = 0.13, T_\varepsilon=0.976$$

Таким чином оптимальні характеристики налаштування для ПД - регулятора:

$$T_n^{\text{опт}}=7.506, T_\varepsilon^{\text{опт}}=0.976, K_p^{\text{опт}} =1.9456$$

Перехідна функція для замкнутої системи з ПД - регулятором виглядатиме так:

$$h(t) = 1 - 0.2927e^{-0.404t} * \cos(0.1157t) - 0.032e^{-0.404t} * \sin(0.1157t) - \\ -0.6934e^{-0.038t} * \cos(0.1918t) - 0.2055e^{-0.038t} * \sin(0.1918t).$$

Побудуємо перехідний процес функції. Графік цього процесу поданий на рис. 5.3.

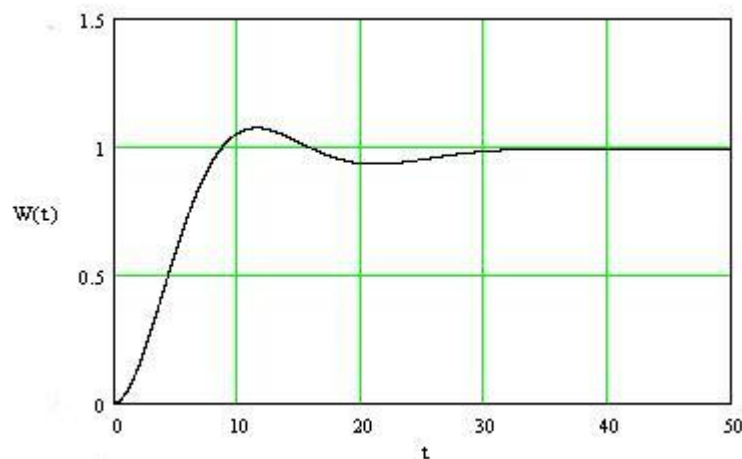


Рисунок 5.3. - Перехідний процес в замкнутій системі з ПД - регулятором

Необхідно встановити відповідність коефіцієнтів невизначеного і цифрового регуляторів. Для визначення періоду вимірювань цифрового регулятора будуємо амплітудно - частотну характеристику замкнутої системи і визначаємо частоту зрізу, при якій амплітуда на виході не перевищує три відсотки від амплітуди при нульовому значенні частоти.

З цією метою візьмемо передавальні функції замкнутої системи ПД регулятора, які знайдені попередньо.

Передавальна функція замкнутої системи з ПД - регулятором:

$$W_3(p) = \frac{0.839p^4 + 6.957p^3 + 4.928w^2 + 1.722p + 0.413}{60839p^4 + 53.9573p^3 + 16.92w^2 + 2.722p + 0.413}$$

Формула амплітудно - частотної характеристики для системи з ПД - регулятором набуде такого вигляду:

$$|W_3(jw)| = \frac{\sqrt{(0.839w^4 - 4.928w^2 + 0.413)^2 + (-6.957w^3 + 1.722w)^2}}{\sqrt{(-60.839w^4 - 16.928w^2 + 4.13)^2 + (-53.957w^3 + 2.722w)^2}}$$

Оскільки частота зрізу дорівнює трьом відсоткам від нульового значення, то необхідно розв'язати рівняння наступного виду:

$$|W_3(jw)| - |W_3(0)| = 0.$$

При розв'язку рівнянь було отримано: частота зрізу системи має в своєму складі ПД - регулятор $w_c = 3.8194$.

Частоту вимірів приймають як: $T_0 = \frac{0.5 * 3.14}{w_c}$, де $w_c = 3.8194$ (найбільше значення), при якому період квантування дорівнює $T_0 = 0.411$.

Оскільки отримане значення менше заданого, то зробимо перерахунок параметрів.

У загальному вигляді дискретну передавальну функцію шуканого елемента можна записати в такий спосіб:

$$W_p(z) = \frac{q_0 + q_1z^{-1} + q_2z^{-2} + \dots + q_nz^{-n}}{p_0 + p_1z^{-1} + p_2z^{-2} + \dots + p_nz^{-n}} \quad (5.11)$$

У нашому випадку вираз (3.9) набуде вигляду:

$$W_p(z) = \frac{q_0 + q_1z^{-1} + q_2z^{-2}}{1 - z^{-1}} \quad (5.12)$$

С урахуванням цих виразів необхідно перерахувати параметри неперервних регуляторів в параметри цифрових.

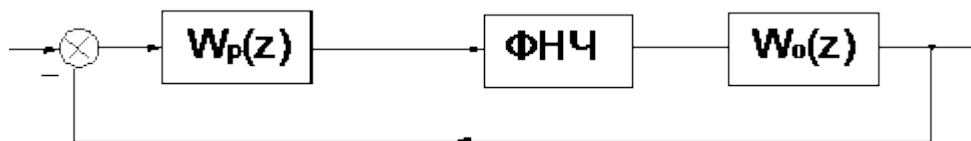
Запишемо передавальні функції ПД регулятора:

$$W_p(p) = 1.9456 + \frac{1}{7.506p} + 0.976p. \quad (5.13)$$

Після обчислення коефіцієнтів q_0 , q_1 і q_2 дискретні передавальні функції матимуть вид:

$$W_p(z) = \frac{4.32 - 6.64z^{-1} + 2.379z^{-2}}{1 - z^{-1}}. \quad (5.14)$$

При аналізі цифрових систем управління їх представляють у вигляді трьох елементів: цифрового фільтра (регулятора), фіксатора і приведеної неперервної частини, де y - дискретне значення регульованої величини; f - задане значення регульованої величини; e - помилка управління; u - керуючий вплив.



Оскільки в системі має місце фіксатор нульового порядку з передавальної функцією виду:

$$K_\phi(p) = \frac{1}{p} (1 - e^{-pT}), \quad (5.15)$$

то з урахуванням того, що $z = e^{-pT}$, цю функцію можна записати в наступному вигляді:

$$K_\phi = \frac{z-1}{zp}. \quad (5.16)$$

Співмножник $1/p$ відносять до лінійної частини, тому передатна функція приведеної неперервної частини може бути записана в наступному вигляді:

$$W_{н.ч.}(p) = \frac{1}{p} W_0(p) (1 - e^{-pT}). \quad (5.17)$$

Оскільки $L^{-1} \left[\frac{W_0(p)}{p} \right] = h(t)$ – перехідна функція лінійної частини системи, то z - передатну функцію лінійної частини знаходимо за наступним виразом:

$$W_{\text{н.ч.}} = \frac{z-1}{z} z\{h(n)\}. \quad (5.18)$$

Знайдемо вираз для передавальної функції лінійної частини:

$$h(t) = \left[\frac{0.86p^2 + 6.9p + 3.1}{60p^3 + 47p^2 + 12p + 1} \cdot \frac{1}{p} \right]. \quad (5.19)$$

Для обчислення $h(t)$ скористаємося методом невизначених коефіцієнтів. Необхідно визначити полюси. Для цього необхідно знайти корені наступного рівняння:

$$(60p^3 + 47p^2 + 12p + 1) \cdot p = 0.$$

Розв'язавши дане рівняння, отримали його корені: $p_1 = 0$; $p_2 = -0,2$; $p_3 = -0,33$; $p_4 = -0,25$.

Перехідна функція лінійної частини має наступний вигляд:

$$h(t) = -21,93e^{-0.2t} - 4.03e^{-0.33t} + 22.86e^{-0.25t} + 3.1. \quad (5.20)$$

З урахуванням формули (5.18) отримуємо

$$W_{\text{н.ч.}}(z) = \frac{z-1}{z} \left(\frac{3.1z}{z-1} - \frac{21.93z}{z-e^{-0.0822}} + \frac{22.86z}{z-e^{-0.102}} - \frac{4.03z}{z-e^{-0.1356}} \right).$$

Після розкриття дужок і приведення подібних отримуємо рівність в наступному вигляді:

$$W_{\text{н.ч.}}(z) = \frac{0.0247z^2 - 0.0284z + 0.0066}{z^3 - 2.776z^2 + 2.564z - 0.788}. \quad (5.21)$$

Результуюча передавальна функція розімкнутої системи може бути визначена як добуток передавальної функції приведеної неперервної частини і передавальної функції цифрового фільтра:

$$W(z) = W_{\text{н.ч.}}(p) W_p(p). \quad (5.22)$$

Дискретна передавальна функція замкнутої системи:

$$W_3(z) = \frac{W(z)}{1+W(z)}. \quad (5.23)$$

Визначимо значення $W_3(z)$:

$$W_3(z) = \frac{4.32 - 6.64z^{-1} + 2.379z^{-2}}{1 - z^{-1}},$$

$W_{н.ч.}(z)$ - визначена за формулою (3.21), тоді:

$$W_3(z) = \frac{0.106z^4 - 0.287z^3 + 0.276z^2 - 0.112z + 0.015}{z^5 - 3.669z^4 + 5.053z^3 - 3.076z^2 + 0.676z + 0.115}. \quad (5.24)$$

Після того, як отримаємо вираз дискретних передавальних функцій для всіх систем, проаналізуємо стійкість цих систем за критерієм Джурі.

Критерій стійкості полягає в наступному. Нехай заданий $A(z)$ - характеристичний поліном:

$$A(z) = a_0z^n + a_1z^{n-1} + \dots + a_n, \quad a_0 > 0.$$

Введемо поняття зворотного полінома, одержуваного перестановкою коефіцієнтів вихідного у зворотному порядку:

$$A(z) = a_nz^n + a_{n-1}z^{n-1} + \dots + a_0.$$

Розділимо $A(z)$ на зворотний до нього. У підсумку отримуємо частку від ділення число q_0 і залишок $A_1(z)$ - поліном $n-1$ ступеня.

Помножимо отриманий результат на z^{-1} , отримуємо:

$$A_1(z) = (a_0 - a_nq_0)z^{n-1} + \dots + (a_{n-1} - a_1q_0).$$

Потім ділимо залишок $A_1(z)$ на зворотний йому $A_{10}(z)$ і визначаємо нове значення q_1 і $A_2(z)$

$$\frac{A_1(z)}{A_{10}(z)} = q_1 \frac{A_2(z)}{A_{10}(z)} \quad \text{і т.д.}$$

Виконуючи ділення поліномів $A_i(z)$ на зворотні йому $A_{i0}(z)$, отримуємо послідовність чисел $q_i = \{q_0, q_1, q_2, \dots, q_{n-2}\}$.

Необхідною і достатньою умовою стійкості цифрової системи є нерівності:

$$A(1) = (a_0 + a_1 + a_2 + \dots + a_n) > 0;$$

$$(-1)^n A(-1) = (a_0(-1)^n + a_1(-1)^{n-1} + \dots + a_n) > 0;$$

$$|q_i| < 1, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n-2.$$

Використовуючи вище викладене, визначимо стійкість системи з ПД - регулятором.

Характеристичний поліном має наступний вигляд.

Ступінь полінома $n = 5$. Множина $q_i = \{q_0, q_1, q_2, q_3\}$.

$$A(1) = 1 - 3,669 + 5,0537 - 3,0764 + 0,6764 + 0,01589 > 0.$$

$$(-1)^5 A(-1) = -(1 - 3,669 + 5,0537 - 3,0764 + 0,6764 + 0,01589) > 0.$$

$$A(z) = z^5 - 3,669z^4 + 5,0537z^3 - 3,0764z^2 + 0,6764z + 0,01589.$$

Зворотний поліном:

$$A_3(z) = 1 - 3,669z + 5,0537z^2 - 3,0764z^3 + 0,6764z^4 + 0,01589z^5.$$

Розділимо $A(z)$ на $A_0(z)$.

$z^5 - 3,669z^4 + 5,0537z^3 - 3,0764z^2 + 0,6764z + 0,01589$	$1 - 3,669z + 5,0537z^2 - 3,0764z^3 + 0,6764z^4 + 0,01589z^5$
$0,0002z^5 - 0,01z^4 + 0,0488z^3 - 0,0803z^2 + 0,0583z + 0,01589$	$0,01589163 = q_0, q_0 < 1$
$0,7347z - 3,1644z^2 + 5,102835z^3 - 3,6802818z^4 + 0,999747z^5$	

Помножимо отриманий результат на z^{-1} , тоді:

$$A_1(z) = 0,7347 - 3,1644z + 5,102835z^2 - 3,6802818z^3 + 0,999747z^4,$$

$$A_{10}(z) = 0.99974 - 3,680218z + 5,1028z^2 - 3,1644z^3 + 0,7347z^4.$$

Розділимо $A_1(z)$ на $A_{10}(z)$.

$0,7347 - 3,1644z + 5,102835z^2 - 3,6802818z^3 + 0,999747z^4$	$0,7347 - 3,1644z + 5,102835z^2 - 3,6802818z^3 + 0,999747z^4$
$-(0,7347 - 2,704z + 3,750z^2 - 2,3256z^3 + 0,53999z^4)$	$0,734938361 = q_1, q_1 < 1$
$-0,4596z + 1,3255z^2 - 1,3545z^3 + 0,4597z^4$	

Помножимо отриманий результат на z^{-1} , тоді:

$$A_2(z) = -0,4596 + 1,3255z - 1,3545z^2 + 0,4597z^3,$$

$$A_{20}(z) = -0,4597 + 1,3545z - 1,3255z^2 + 0,4596z^3.$$

Розділимо $A_2(z)$ на $A_{20}(z)$.

$-0,4596 + 1,3255z - 1,3545z^2 + 0,4597z^3$	$-0,4597 + 1,3545z - 1,3255z^2 + 0,4596z^3$
$-0,4596 - 1,3244z + 1,3525z^2 + 0,4595z^3$	$-0,99986442 = q_2, q_2 < 1$
$-0,0288981z - 0,02926z^2 + 0,91927z^3$	

Помножимо отриманий результат на z^{-1} , тоді:

$$A_3(z) = -0,0288981 - 0,02926z + 0,91927z^2,$$

$$A_{30}(z) = 0,91927 - 0,02926z - 0,02889881z^2.$$

Розділимо $A_3(z)$ на $A_{30}(z)$.

$-0,0288981 - 0,02926z + 0,91927z^2$	$0,91927 - 0,02926z - 0,02889881z^2$
$0,0288981 - 0,0009198z + 0,028898z^2$	$0,0314359 = q_2, q_2 < 1$
$-0,0305301z + 1,028762z^2$	

Помножимо отриманий результат на z^{-1} , тоді:

$$A_4(z) = -0,0305301 + 1,028762z.$$

В результаті розрахунків отримали, що q_0, q_1, q_2 по модулю менше одиниці, таким чином, всі три нерівності виконуються. Отже, цифрова система стійка. Після того, як визначили стійкість системи за критерієм Джурі, необхідно побудувати перехідні процеси в замкнутих цифрових системах.

Для побудови перехідних процесів в замкнутих цифрових системах скористаємося зворотним z-перетворенням.

Якщо функція має m -поліосів $z_k = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$, то:

$$f[n] = \sum_{i=1}^n \frac{A(z_k)}{B'(z_k)}, \quad (5.13)$$

де $A(z_k)$ - чисельник функції $W_3(z)$; $B'(z_k)$ - похідна знаменника функції $W_3(z)$.

Замкнута система з ПД - регулятором.

Передавальна функція для цифрової замкнутої системи з ПД - регулятором має вигляд:

$$W_3(z) = \frac{0.106z^4 - 0.287z^3 + 0.276z^2 - 0.112z + 0.015}{z^5 - 3.669z^4 + 5.053z^3 - 3.076z^2 + 0.676z + 0.115}$$

Перехідна функція замкнутої системи дорівнює:

$$f[n] = Z^{-1} \left[\frac{0.106z^4 - 0.287z^3 + 0.276z^2 - 0.112z + 0.015}{z^5 - 3.669z^4 + 5.053z^3 - 3.076z^2 + 0.676z + 0.115} \cdot \frac{z}{z-1} \right]$$

Для обчислення $f[n]$ знайдемо поліоси функції

$$\frac{0.106z^4 - 0.287z^3 + 0.276z^2 - 0.112z + 0.015}{z^5 - 3.669z^4 + 5.053z^3 - 3.076z^2 + 0.676z + 0.115} \cdot \frac{z}{z-1}$$

Поліоси функції: $z_1 = 1$; $z_2 = -0,021$; $z_3 = 0,84$; $z_4 = 0,935 - j0,171$; $z_5 = 0,935 + j0,171$; $z_6 = 0,98$.

Похідна знаменника функції:

$$B'(z) = 6z^5 - 23.347z^4 + 34.893z^3 - 24.39z^2 + 7.505z - 0.660$$

Підставимо значення полюсів функції і значення похідної в формулу (5.13), отримаємо вираз для $f[n]$:

$$\begin{aligned}
 f(n) = & \frac{0.1066a^5 - 0.2871a^4 + 0.27679a^3 - 0.112a^2 + 0.015a}{6a^5 - 23.347a^4 + 34.89a^3 - 24.39a^2 + 7.5057a - 0.66} \cdot a^{n-1} \\
 & + \frac{0.1066b^5 - 0.2871b^4 + 0.27679b^3 - 0.112b^2 + 0.015b}{6b^5 - 23.347b^4 + 34.89b^3 - 24.39b^2 + 7.5057b - 0.66} \cdot b^{n-1} \\
 & + \frac{0.1066c^5 - 0.2871c^4 + 0.27679c^3 - 0.112c^2 + 0.015c}{6c^5 - 23.347c^4 + 34.89c^3 - 24.39c^2 + 7.5057c - 0.66} \cdot c^{n-1} \\
 & + \frac{0.1066d^5 - 0.2871d^4 + 0.27679d^3 - 0.112d^2 + 0.015dd}{6d^5 - 23.347d^4 + 34.89d^3 - 24.39d^2 + 7.5057d - 0.66} \cdot d^{n-1} \\
 & + \frac{0.1066e^5 - 0.2871e^4 + 0.27679e^3 - 0.112e^2 + 0.015ee}{6e^5 - 23.347e^4 + 34.89e^3 - 24.39ee^2 + 7.5057e - 0.66} \cdot e^{n-1} \\
 & + \frac{0.1066f^5 - 0.2871f^4 + 0.27679f^3 - 0.112f^2 + 0.015f}{6f^5 - 23.347f^4 + 34.89f^3 - 24.39f^2 + 7.5057f - 0.66} \cdot f^{n-1}
 \end{aligned}$$

де $a = z_1$; $b = z_2$; $c = z_3$; $d = z_4$; $e = z_5$; $f = z_6$.

Представимо перехідний процес на рисунку 5.4.

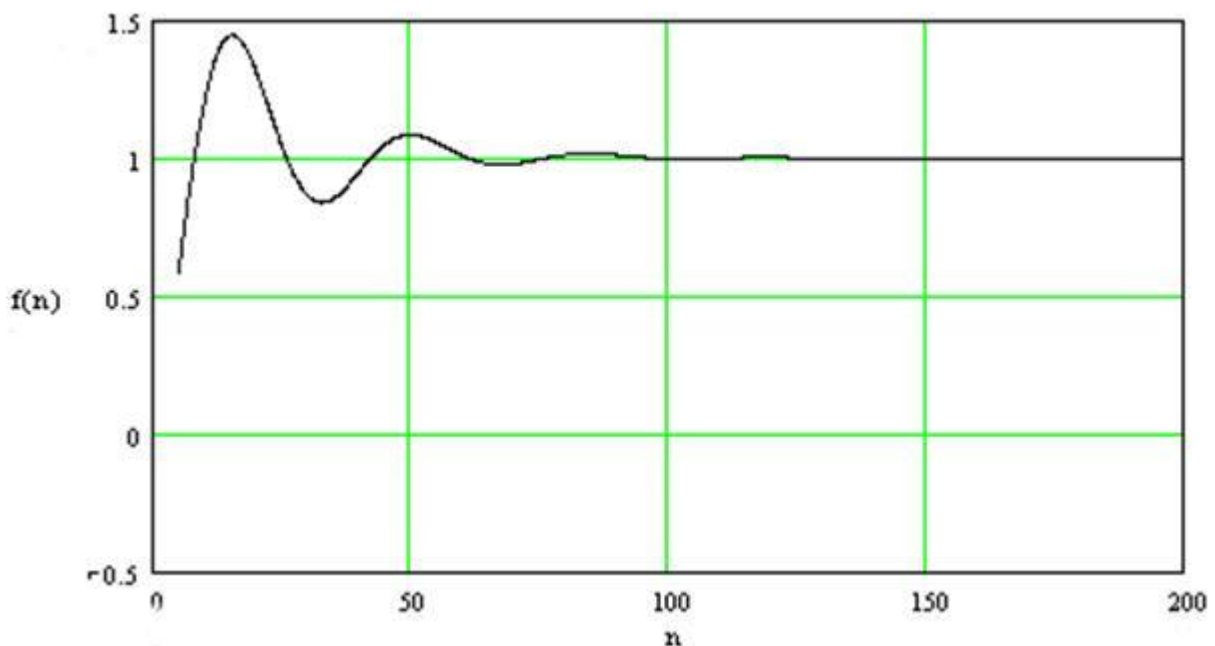


Рисунок 5.4 - Перехідний процес в системі з ПД – регулятором

Таким чином, було виконано синтез та аналіз оптимальної одноконтурної САУ при використанні ПД - закону регулювання. Доведено, що з усіх типів регуляторів ПД - закон регулювання є найкращим для систем комп'ютерної автоматизації цукрових виробництв. Крім того, були проведені розрахунки по використанню ПД регулятора в цифрових системах. Як показали розрахунки, незважаючи на те, що цифрові системи - це системи дискретної дії і діють через певні проміжки часу, перехідні процеси в цифрових системах не дуже відрізняються від перехідних процесів в безперервних системах, а кінцевий стан вихідної величини однаковий.

6 РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ВИРОБУ

В даний час в собівартість продукції включають крім вартості спожитих сировини і матеріалів, витрат необхідної праці, виражених в заробітній платі, і сукупності витрачених виробничих фондів у вигляді амортизаційних відрахувань частина додаткового продукту (наприклад, відрахування на соціальне страхування робітників, витрати на рекламу, дотації дитячим і медичним установам підприємств). У той же час в собівартість включається тільки частина витрат на відтворення робочої сили, оскільки близько 30% цих витрат відшкодовується за рахунок громадських фондів споживання. У собівартість не належать витрати підприємств на НДР і ДКР з розробки принципово нових технологічних способів і технічних засобів, що фінансуються з інших джерел.

Собівартість продукції відіграє велику роль в системі планування і економічного стимулювання. Від неї залежать такі показники роботи підприємства, як прибуток і рівень рентабельності. У різних варіантах економічних рішень на стадії НДР і ДКР, проектування і планування, при аналізі економічної діяльності підприємства собівартість виступає як один з центральних планованих показників, що характеризують виробничо-господарську діяльність підприємства.

Залежно від мети (планування, облік, аналіз і т.д.) використовуються наступні показники собівартість валової, товарної або реалізованої продукції; собівартість тієї чи іншої частки обсягу виробництва, порівняної товарної продукції або незавершеного товарного виробництва; собівартість робіт або послуг.

За послідовністю формування розрізняють технологічну, цехову, виробничу і повну собівартість.

Для економічної оцінки варіантів нової техніки і вибору найбільш ефективного з них обчислюється технологічна (операційна) собівартість. До її складу входить сума витрат даного цеху, безпосередньо пов'язаних з виконанням даної операції або комплексу операцій. Цехова собівартість утворюється з усіх поточних витрат цеху на виробництво продукції. У виробничу собівартість крім виробничих витрат цехів включаються витрати по загальному управлінню підприємством (заробітна плата персоналу заводууправління, амортизація і поточний ремонт будівель виробничого призначення, поштово-телеграфні витрати і т.д.). Повна собівартість включає в себе виробничу собівартість і позавиробничі витрати (упаковка і т.д.).

Необхідно розрізняти індивідуальну і галузеву собівартість. Сукупність витрат окремого підприємства на виробництво і реалізацію продукції становить індивідуальну собівартість, яка відображатиме рівні організації виробництва, автоматизації та механізації, використання матеріалів, спеціалізації і концентрації, які є неоднаковими в одній і тій же галузі на різних підприємствах, які виробляють аналогічну продукцію.

Галузева собівартість характеризує витрати на виробництво даної продукції в середньому по галузі виходячи з досягнутого за галуззю середнього рівня техніки і організації виробництва, продуктивності праці та прогресивних норм витрати матеріальних ресурсів. Якщо виріб випускається тільки одним підприємством, галузева собівартість дорівнює індивідуальній.

Розрізняють собівартість планову і звітну. Планова собівартість продукції включає в себе тільки ті витрати, які при даному рівні техніки, технології та організації виробництва є для підприємства суспільно необхідними. Вона обчислюється на основі прогресивних планових норм використання устаткування, трудовитрат, витрат матеріалів, палива, енергії та інших ресурсів. Звітна собівартість визначається фактичними витратами на виготовлення продукції, значення яких можуть відхилитися від планових. Вони будуть нижче планових, якщо підприємство досягне поліпшення використання основних і допоміжних матеріалів, підвищення продуктивності праці, поліпшення

використання основних фондів. Якщо ж робота підприємства буде погіршуватися, обсяг витрат збільшиться в порівнянні з плановим, що призведе до перевищення фактичної собівартості над плановою.

Таблиця 6.1 - Покупні та комплектуючі вироби

	Найменування	ЦІНА, грн.	Кільк. шт.	Сума, грн.
1	Контролер SIMATIC S7-200	5576	1	5576
2	Модуль введення аналогових сигналів EM 231	3800	1	3800
3	Модуль виведення аналогових сигналів EM 232	3800	1	3800
4	Блок живлення SITOP E24/3.5	3252	1	3252
5	Програматор	1654	1	1654
6	Програмне забезпечення	3586	1	3586
7	Перетворювач вимірювальний "Сапфір 22М – ДИ"	500	2	1000
8	Перетворювач вимірювальний "Сапфір 22М – ДИВ"	500	1	500
9	Механізм виконавчий електричний МЭО – 100	345	3	1035
10	Сигналізатор рівня ЭРСУ-3	200	1	200
11	Звужуючий пристрій ДК6	46,53	1	46,53
12	Перетворювач вимірювальний			
13	"Сапфір 22М – ДД"	500	1	500
14	Порівняльна посудина СУМ-63	123,25	1	123,25
15	Пускач магнітний ПМРТ	241,76	1	241,76
	Разом			25314,54
	Транспортні витрати	5%		1265,73

	Найменування	ЦНА, грн.	Кільк. шт.	Сума, грн.
	Всього			26580,27

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1 Аналіз небезпечних і шкідливих чинників на робочому місці оператора випарювання

До проведення технологічних процесів цукрового виробництва допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання та інструктаж на робочому місці і перевірку знань відповідно до вимог «Типового положення про навчання, інструктаж і перевірку знань працівників з питань охорони праці».

Робочі місця для обслуговування процесів потрібно обладнати з урахуванням ергономічних вимог і зручностей виконання працюючими рухів.

Виробничі дільниці, між якими підтримується постійний виробничий взаємозв'язок, потрібно забезпечити телефонним зв'язком, звуковою та світловою сигналізацією.

Згущення очищеного соку проводиться в випарних і вакуум апаратах. З п'яти корпусів випарної установки перші три корпуси працюють під тиском. На них поширюються правила технічного нагляду за обладнанням, що працює під тиском.

Тиск в випарних апаратах не повинен перевищувати встановленого режимом роботи. Максимально допустимий надлишковий тиск в надсоковому просторі першого корпусу 0,18 МПа.

Періодично (через 60-70 діб роботи) проводиться очищення поверхні нагрівання випарних апаратів від накипу. Очищення в період виробництва здійснюється хімічним шляхом (виварка випарювання), послідовним кип'ятінням в корпусах випарювання розчину соди і соляної кислоти.

При виварюванні випарювання утворюється вибухонебезпечний газ (водень). Щоб уникнути вибуху правилами техніки безпеки забороняється в цей час користування світильниками з відкритим полум'ям, куріння, запалювання сірників і т.д. Приміщення під час виварювання добре провітрюється. При необхідності огляду або ремонту всередині апаратів останній попередньо провітрюється і просушується за допомогою вакууму і охолоджується відкриттям лазів. Парові і сокові комунікації від'єднуються установкою заглушок. Для робіт всередині апарату користуються переносними електролампами напругою до 12 В. Зварювання деталей апарату виробляють високоякісними електродами дипломовані зварники. Періодично (через 2-3 роки) рекомендовано ретельно перевіряти стан стінок і швів апаратів з метою визначення їх міцності, яка може бути порушена впливом луку і кислоти.

Випарні апарати і трубопроводи для пари, соку та сиропу ретельно теплоізолюються, щоб забезпечити температуру на зовнішній поверхні ізоляції не вище 45 ° С.

Виведення надмірно нагрітого повітря з приміщень треба проводити через ліхтарі, шахти і верхні фрамуги або покрівельні вентилятори, а подачу зовнішнього повітря для асиміляції надмірного тепла потрібно здійснювати в теплий період року - в робочій зоні, в холодний період року - не нижче 4 м від підлоги.

Температура повітря, що прибуває, в холодний і перехідний періоди року для приміщень з надмірним виділенням тепла повинна бути на 5-8 ° С нижче розрахункової температури повітря в робочій зоні.

Проектування, виготовлення, монтаж і експлуатація випарних апаратів повинні відповідати вимогам діючих "Правил будови і безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском" і технічним умовам на апарати.

Випарні апарати повинні бути обладнані такою арматурою:

- запірними органами для відключення апаратів від трубопроводів;
- мановакуумметрами на паровій камері і надсоковому просторі з мітками допустимого тиску;
- запобіжними клапанами, які встановлені в паровій камері і надсоковому просторі апаратів;
- термометрами для вимірювання температури в паровій камері і надсоковому просторі;
- повітряним краном, необхідним при гідравлічних випробуваннях;
- засобами автоматичного регулювання відповідно проектної документації;
- фланцевими з'єднаннями для встановлення заглушки.

На робочому місці оператора випарювання можливо прояв наступних небезпечних і шкідливих факторів:

1. Недостатня освітленість
2. Електромагнітне випромінювання.
3. Можливість ураження електричним струмом.
4. Імовірність виникнення пожежі.
5. Вплив шуму.

Необхідно взяти до уваги, що згідно з СНиП 2.09.04-87 «Адміністративні та побутові будівлі» - площа приміщень з розрахунку на одну людину слід передбачати величиною не менше 6.0м^2 , кубатуру не менше 19.5м^3 з урахуванням максимального числа одночасно працюючих.

Згідно ГОСТ 12.2.032-78 «Система стандартів безпеки праці. РОБОЧЕ МІСЦЕ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОБІТ СИДЯЧИ» конструкція робочого місця і взаємне розташування всіх його елементів повинні відповідати антропометричним, фізичним і психологічним вимогам. Велике значення має також характер роботи. Зокрема, при організації робочого місця оператора-технолога повинні бути дотримані наступні основні умови:

- оптимальне розміщення устаткування, що входить до складу робочого місця;

- достатній робочий простір, що дозволяє здійснювати всі необхідні рухи і переміщення;
- необхідно забезпечити природне і штучне освітлення;
- рівень акустичного шуму не повинен перевищувати допустимого значення.

Основним робочим положенням є положення сидячи. Робоче місце для виконання робіт в положенні сидячи організується відповідно до ГОСТ 12.2.032-78 "Система стандартів безпеки праці. РОБОЧЕ МІСЦЕ ПІД ЧАС ВИКОНАННЯ РОБІТ СИДЯЧИ».

Робоча поза сидячи викликає мінімальне стомлення. Раціональне планування робочого місця передбачає чіткий порядок і сталість розміщення предметів, засобів праці і документації. Те, що потрібно для виконання робіт частіше, розташоване в зоні легкої досяжності робочого простору.

При виборі столу слід враховувати наступне:

- висота столу повинна бути вибрана з урахуванням можливості сидіти вільно, в зручній позі, при необхідності спираючись на підлокітники;
- нижня частина столу повинна бути сконструйована так, щоб людина могла зручно сидіти, не був змушений підбирати ноги;
- поверхня стола повинна мати властивості, що виключають появу відблисків в полі зору людини;

Параметри робочого місця вибираються відповідно до антропометричних характеристик.

Оптимальними розмірами столу є:

- висота 710 мм;
- довжина столу 1300 мм;
- ширина столу 650 мм.

Під робочою поверхнею повинно бути передбачено простір для ніг:

- висота не менше 600 мм;
- ширина не менше 500 мм;
- глибина не менше 400 мм.

Важливим елементом робочого місця є крісло. При виборі крісла виходять з того, що при будь-якому робочому положенні людини його поза повинна бути фізіологічно правильно обгрунтованою, тобто положення частин тіла повинно бути оптимальним. Для задоволення вимог фізіології, що впливають з аналізу положення тіла людини в положенні сидючи, конструкція робочого сидіння повинна відповідати таким основним вимогам:

- допускати можливість зміни положення тіла, тобто забезпечувати вільне переміщення корпусу і кінцівок тіла один щодо одного;
- допускати регулювання висоти в залежності від росту людини (в межах від 400 до 550 мм);
- мати злегка увігнуту поверхню,
- мати невеликий нахил назад.

Важливим моментом є також раціональне розміщення на робочому місці документації, канцелярських приналежностей, що повинно забезпечити зручну робочу позу, найбільш економічні рухи і мінімальні траєкторії переміщення на даному робочому місці.

Параметри мікроклімату можуть змінюватися в широких межах, в той час як необхідною умовою життєдіяльності людини є підтримка постійності температури тіла завдяки властивості терморегуляції, тобто здатності організму регулювати віддачу тепла в навколишнє середовище.

Параметри мікроклімату повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». Робота оператора відноситься до легких категорій робіт, і вона зведена в таблицю 7.1.

Таблиця 7.1 - Оптимальні норми мікроклімату

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С не більш	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с

Холодний період	легка – 1а	22 - 24	40 - 60	0,1
	легка – 1б	21 - 23	40 - 60	0,1
Теплий період	легка – 1а	23 - 25	40 - 60	0,1
	легка – 1б	22 - 24	40 - 60	0,2

Основний принцип нормування мікроклімату - створення оптимальних умов для теплообміну тіла людини з навколишнім середовищем. У санітарних нормах СН-245/71 «САНІТАРНІ НОРМИ ПРОЕКТУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ» встановлені величини параметрів мікроклімату, що створюють комфортні умови. Ці норми встановлюються в залежності від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення (значні або незначні тепловиділення).

В даний час для забезпечення комфортних умов використовуються як організаційні методи, так і технічні засоби. До числа організаційних відносяться раціональна організація проведення робіт залежно від пори року і доби, а також організація правильного чергування праці і відпочинку. Технічні засоби включають вентиляцію, кондиціонування повітря, опалювальну систему.

Системи опалення та системи кондиціонування слід встановлювати так, щоб ні тепле, ні холодне повітря не направлялося на людей. Рекомендується створювати динамічний клімат з певними перепадами показників. Температура повітря в поверхні підлоги і на рівні голови не повинна відрізнятись більш, ніж на 5 градусів. У приміщеннях крім природної вентиляції передбачають приточно-витяжну вентиляцію.

Встановлено, що шум погіршує умови роботи, впливаючи на організм людини. При тривалому впливі шуму на людину відбуваються небажані явища: знижується гострота зору, слуху, підвищується кров'яний тиск, знижується увага. Сильний тривалий шум може стати причиною функціональних змін серцево-судинної і нервової систем.

Рівень шуму в приміщенні нормується згідно ГОСТ 12.1.003-88 "ССБТ Шум. Загальні вимоги безпеки ».

Будівельно-акустичні методи захисту від шуму передбачені будівельними нормами і правилами. Це:

- звукоізоляція огорожувальних конструкції, ущільнення по периметру притворів вікон і дверей;
- звукопоглинальні облицювання.

Збереження зору людини, стан його центральної нервової системи і безпека роботи в значній мірі залежать від умов освітлення. Правильно спроектоване і виконане освітлення забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності. З огляду на специфіку зорової роботи з моніторами, першочерговим завданням є забезпечення необхідних умов візуальної роботи користувачів ПЕОМ. Це досягається за рахунок кращого розподілу яскравості в полі зору працюючого максимально можливого зменшення осліпленості від прямого і відбитого світла.

Освітлення в приміщенні слід застосувати змішане (природне і штучне).

Природне освітлення здійснюється у вигляді бічного освітлення. Величина коефіцієнта природного освітлення (к.п.о.) повинна відповідати нормованим рівням за СНиП II 4-79 «Природне і штучне освітлення + Зміна». При виконанні робіт категорії високої зорової точності к.п.о. повинен бути не нижче 1.5%.

Рівень штучного освітлення на робочому місці в приміщенні повинен відповідати нормативним величинам за СНиП II-4-79. Рівень штучного освітлення для виконання робіт четвертого розряду повинен знаходитися в межах 300 - 500 лк.

Для обмеження постійної пульсації зображення на моніторі і інших перешкод, які посилюють загальну зорову втому, необхідно забезпечити як якісні, так і кількісні характеристики освітлення. В першу чергу необхідно правильно організувати розміщення робочих місць в приміщенні, при цьому слід враховувати те, що вікна можуть давати відблиски на екранах дисплеїв і викликати засліплення працюючих, особливо в сонячний день. Робочі місця повинні розташовуватися паралельно стіні з вікнами, так щоб площа екрану була перпендикулярна площі вікна. Також слід застосувати засоби сонцезахисту, що знижують перепади яскравостей між природним світлом і світінням дисплея. В

якості таких засобів можна використовувати плівки з металізованим покриттям або регульовані жалюзі з вертикальними панелями (коефіцієнт відображення, яких 0.5 -0.7).

У діючих нормах проектування виробничого освітлення СНиП II-4-79 задаються як кількісні (величина мінімальної освітленості), так і якісні характеристики (показник осліпленості і дискомфорту, глибина пульсації освітленості) освітлення. Згідно з ними, найбільш оптимальні рівні освітленості в приміщенні повинні відповідати даним, наведеним в таблиці 7.2, де E_r - нормована освітленість в площині столу; E_r' - в тому числі E_r від загального освітлення; E_B - нормована освітленість в площині екрану.

В поле зору оператора-технолога, як користувача ПЕОМ, має бути забезпечено відповідний розподіл яскравості. Відношення яскравості екрану до яскравості оточуючих його поверхонь не повинно перевищувати у робочій зоні 3: 1.

Таблиця 7.2 - Рівні освітленості в приміщенні.

Характеристика дисплея і зорової роботи		Нормована освітленість				
		загальна		комбінована		
вид дисплея	група напруженості	E_r	E_B	E_r	E_r'	E_B
чорно – білий	I	< 300	150 – 100	< 400	300	150 – 100
	II	< 400	200 – 150	< 500	400	300 – 150
кольоровий	будь-яка	-	-	400	200	100 – 75

В процесі експлуатації електроустановок нерідко виникають умови, при яких навіть найдосконаліше їх виконання не забезпечує безпеки працюючого і потрібне застосування спеціальних засобів захисту. Випадки ураження людини струмом можливі лише при замиканні електричного кола через тіло людини.

Небезпека такого дотику оцінюється значенням струму, що проходить через тіло людини, або ж напругою дотику.

Основні причини нещасних випадків від дії електричного струму наступні:

- випадковий дотик до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою;
- поява напруги на металевих конструктивних частинах електрообладнання в результаті пошкодження ізоляції і ін. причин;
- поява напруги на відключених струмовідних частинах, внаслідок помилкового включення установки;
- виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання проводу на землю.

Згідно ГОСТ 12.1.019 - 79 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту» небезпечний і шкідливий вплив на людей електричного струму проявляється у вигляді електротравм та професійних захворювань. ГОСТ 12.1.030-81 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення» встановлює вимоги до заземлення та занулення електрообладнання.

Заходи щодо захисту забезпечують недоступність струмоведучих частин для випадкового дотику, знижена напруга, заземлення та занулення електроустановок, автоматичне відключення, індивідуальний захист та ін.

Пожежна небезпека електроустановок обумовлена наявністю в вживаному електрообладнанні горючих ізоляційних матеріалів. Небезпечною щодо пожежі є ізоляція проводів (гума, папір, поліетилен та ін.) і кабелів. Теплота, що виділяється ізолюваними провідниками, при проходженні по них електричного струму, викликає підвищення температури. У разі значних перевантажень провідників і особливо при проходженні струмів короткого замикання температура ізоляції зростає настільки, що матеріал розкладається з виділенням горючих парів і газів, що буває зазвичай причиною загоряння.

Причинами пожежі можуть бути наступні:

- коротке замикання;

- несправність або перевантаження електрообладнання та електромереж;
- іскріння і електричні дуги;
- великі перехідні опори в місцях з'єднання, що призводять до локального перегріву.

Згідно ГОСТ 12.1.004 - 85 «ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги» пожежна безпека об'єкта повинна забезпечуватися:

- системою запобігання пожежі;
- системою протипожежного захисту;
- організаційно-технічними заходами.

Вплив пожежі на людину може викликати несприятливі наслідки: опіки, задуха і отруєння димом, а також смерть.

Вимоги регламентовані ГОСТ 12.1.004-91 "ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги".

Система запобігання пожежі та протипожежного захисту в сукупності повинні виключити вплив на людей небезпечних факторів пожежі, що мають значення, що перевищують допустимі.

Пожежна безпека об'єкта і його складових частин повинна забезпечуватися як при експлуатації, так і в разі реконструкції.

Системи запобігання пожежі та протипожежного захисту в сукупності повинні виключити вплив на людей небезпечних факторів пожежі.

Для гасіння пожеж на початкових стадіях широко застосовуються вогнегасники. У виробничих приміщеннях, де встановлені електронно-обчислювальні машини, застосовуються головним чином вуглекислотні вогнегасники ОУ - 8, перевагою яких є висока ефективність гасіння пожежі, збереженість електронного устаткування, діелектричні властивості вуглекислого газу, що дозволяє використовувати ці вогнегасники навіть у тому випадку, коли не вдається знеструмити електроустановку відразу.

Для запобігання утворенню і захисту від статичної електрики в приміщенні навчальної лабораторії необхідно використовувати нейтралізатори і зволожувачі. Покриття плит підлоги повинно бути виконано з гладких, міцних матеріалів, що

володіють антистатичними властивостями. Захист від статичної електрики повинен проводитися відповідно до санітарно-гігієнічних норм допустимої напруженості електричного поля. Допустимі рівні напруженості електричних полів не повинні перевищувати 20 кВ протягом 1 години.

7.2 Розрахунок захисного заземлення

Головне значення захисного заземлення - знизити потенціал на корпусі електроустаткування до безпечної величини.

Захисним заземленням називається навмисне електричне з'єднання з землею металевих не струмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою. Корпуси комп'ютерів, блоків безперебійного живлення, світильників можуть опинитися під напругою при замиканні їх струмоведучих частин на корпус. Якщо корпус при цьому не має контакту з землею, дотик до нього так само небезпечно, як і дотик до фази. Залежно від місця розміщення заземлювача щодо заземлюючого обладнання розрізняють два типи заземлюючих пристроїв: виносне і контурне. Розрахуємо виносний заземлюючий пристрій. Його перевагою є можливість вибору місця розміщення електродів заземлювача з найменшим опором ґрунту. У будівлях прокладають магістраль заземлення (всередині будівлі уздовж стінок), до якої приєднують паралельно заземлюючі проводи від корпусів електрообладнання, що підлягає заземленню. При цьому приєднання заземлювальної магістралі до заземлювача виконується в двох місцях. З'єднання заземлюючих провідників з заземлювачами і заземленими конструкціями виконується зварюванням, а з корпусами приладів і пристроїв - за допомогою болтів.

Для розрахунку заземлюючого пристрою необхідно наступне:

- об'єкт, що захищається - стаціонарний;
- характеристика об'єкта - напруга мережі до 220 В;

- тип заземлюючого пристрою - поглиблений;
- розмір заземлювача: $l_T = 2,5$ м - довжина стрижня, $d = 6$ см - діаметр стрижня, глибина закладення заземлювачів $h_v = 0,5$ м;
- розташування заземлювачів - вертикально в один ряд;
- смуга, що з'єднує - прямокутна.

Ґрунт в районі будівлі - глина. Кліматична зона - третя.

Послідовність розрахунку.

1. Відповідно до ПУЕ, ПТБ, ПТЕ допускається опір розтікання струму в

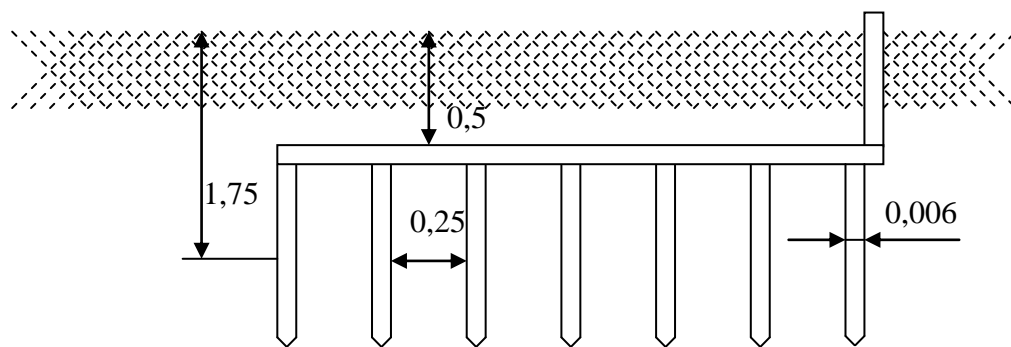


Рисунок 7.1 – Заземлюючий пристрій

заземлювального пристрою $R_z = 4$ Ом, для мережі до 1000 В з ізольованою і глухозаземленою нейтраллю.

2. Визначаємо питомий опір ґрунту, рекомендований для розрахунку.

$$\rho_{\text{табл}} = 0,4 \cdot 10^4.$$

3. Визначаємо підвищувальні коефіцієнти для стрижня $K_{\text{пст}}$ і для смуги $K_{\text{псм}}$, що враховують зміну опору ґрунту в різні пори року залежно від опадів, що випадають: $K_{\text{пс}} = 1,5$; $K_{\text{пш}} = 3$.

4. Визначаємо питомий розрахунковий опір для стрижня $\rho_{\text{розр.ст}}$ з урахуванням несприятливих умов, що враховуються коефіцієнтом:

$$\rho_{\text{розр.ст}} = \rho_{\text{табл}} * K_{\text{пс}}; \quad (7.1)$$

$$\rho_{\text{розр.ст}} = 0,4 \cdot 10^4 \cdot 1,5 = 0,6 \cdot 10^4 \text{ (Ом} \cdot \text{см)}.$$

5. Визначаємо питомий розрахунковий опір ґрунту для смугового заземлювача:

$$\rho_{\text{розр.см}} = \rho_{\text{табл}} * K_{\text{псм}}; \quad (7.2)$$

$$\rho_{\text{розр.см}} = 0,4 \cdot 104 \cdot 3 = 1,2 \cdot 104 \text{ (Ом} \cdot \text{см)}.$$

6. Визначаємо відстань від поверхні землі до середини стрижня (див. Рис. 7.1):

$$l = h_{\text{в}} + l_{\text{с}} / 2; \quad (7.3)$$

$$l = 50 + 125 = 175 \text{ (см)}.$$

7. Визначаємо опір розтікання струму для одиночного поглибленого заземлювача, розташованого нижче поверхні землі на 0,6-0,8 м (застосовується для стаціонарних установок):

$$R_{\text{с}} = 0,366 \cdot \rho_{\text{розр.см}} / l_{\text{с}} \cdot (\lg(2l_{\text{с}}/d) + 0,5 \cdot \lg((41 + l_{\text{с}})/(41 - l_{\text{с}}))); \quad (7.4)$$

$$R_{\text{с}} = 0,366 \cdot 0,6 \cdot 10^4 / 250 \cdot (\lg(2 \cdot 250/6) + 0,5 \cdot \lg((4 \cdot 175 + 250)/(4 \cdot 175 - 250))) = 18,3 \text{ Ом}$$

8. Визначаємо потрібну кількість стрижнів без урахування коефіцієнта екранування:

$$n_{\text{с}} \cdot \eta_{\text{э,с}} = R_{\text{т}} / R_{\text{з}}; \quad (7.5)$$

$$n_{\text{с}} \cdot \eta_{\text{э,с}} = 18,3/4 = 4,57 \approx 5.$$

9. Визначаємо відстань між стрижнями з відношення $c = L_{\text{с}} / l_{\text{с}}$, для заглиблених заземлювачів рекомендується приймати $c = 1$:

$$L_{\text{с}} = l_{\text{с}} * c; \quad (7.6)$$

$$L_{\text{с}} = 250 \cdot 1 = 250 \text{ (мм)}.$$

10. Визначаємо коефіцієнт екранування труб $\eta_{\text{е,т}}$ при числі труб $n_{\text{т}}$ і відношенні $c = L_{\text{т}} / l_{\text{т}}$.

$$\eta_{\text{е,т}} = 0,7.$$

11. Визначаємо необхідну кількість стрижнів з урахуванням коефіцієнта екранування:

$$n_{c.e} = R_T / R_3 * \eta_{э.с}; \quad (7.7)$$
$$n_{c.e} = 18,3 / (4 \cdot 0,7) = 7.$$

12. Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму при прийнятому числі труб $n_{T.e}$:

$$R_{\text{розр.}} \cdot n_{T.e} = R_T / n_{T.e} * \eta_{э.т}; \quad (7.8)$$
$$R_{\text{розр.}} = 18,3 / (7 \cdot 0,7) = 3,75 \text{ (Ом)}.$$

13. Визначаємо довжину смуги, що з'єднує:

$$L_{з.с.} = 1,05 * L_c * (n_{c.e} - 1); \quad (7.9)$$
$$L_{з.п.} = 1,05 \cdot 2,5 \cdot (7 - 1) = 1575 \text{ (мм)}.$$

14. Визначаємо опір розтікання струму в смузі, що з'єднує:

$$R_{з.с.} = 0,366 \cdot \rho_{\text{розр.ст}} / L_c \cdot \lg (2 \cdot L_{с.с.м.}^2 / (h_B \cdot b_c)); \quad (7.10)$$
$$R_{з.с.} = 0,366 \cdot (1,2 \cdot 10^4 / 1575) \cdot \lg (2 \cdot 1575^2 / 50 \cdot 5) = 11,98 \text{ Ом}.$$

15. Визначаємо коефіцієнти екранування $\eta_{э.з.с.м.}$ для смуги, що з'єднує, при $n_{з.е} \text{ і } c = L_c / l_c$: $\eta_{э.з.с.м.} = 0,66$.

16. Визначаємо розрахунковий опір розтікання струму в смузі, що з'єднує (з урахуванням коефіцієнта екранування):

$$R_{\text{розр.с.м.}} = R_{з.с.м.} / n_{с.м.} \cdot \eta_{э.з.с.м.}; \quad (7.11)$$
$$R_{\text{розр.с.м.}} = 11,98 / 1 \cdot 0,66 = 18,16 \text{ (Ом)}.$$

17. Визначаємо загальний розрахунковий (теоретичний) опір розтікання струму в смузі, що з'єднує, і в трубах:

$$R_{\text{заг. розр}} = 1 / (R_{\text{розр. см}}^{-1} + R_{\text{розр. т}}^{-1}); \quad (7.12)$$
$$R_{\text{заг. розр}} = 1 / ((1 / 3,375) + (1 / 18,16)) = 2,946 \approx 3 \text{ (Ом)}.$$

18. Визначаємо необхідний перетин магістральної шини внутрішнього контуру за ПУЕ:

$$S_{\text{магістр}} = 100 \text{ (мм}^2\text{)}, \text{ магістральна шина виконана зі сталі.}$$

19. Визначаємо необхідний перетин провідників для з'єднання обладнання, що заземлюється, з магістральної шиною за ПУЕ для голих провідників при відкритому прокладанні $S = 6 \text{ (мм}^2\text{)}$.

ВИСНОВОК

В даній роботі висуваються технічні пропозиції, пов'язані з комплексною автоматизацією випарної станції бурякоцукрового заводу. Ці технічні пропозиції передбачають автоматизацію наступних параметрів:

- регулювання тиску в I корпусі випарної станції;
- регулювання розрідження в V корпусі випарної станції;
- контроль рівня в збірниках соку та сиропу;
- регулювання рівня припливу сиропу;
- вимір витрати соку;
- вимір СВ соку та сиропу;
- регулювання рівня в I корпусі випарної станції;
- регулювання витрати сиропу;
- сигналізація зупинки насосів.

При впровадженні запропонованої АСУ випарної станцією відбувається:

- значна економія тепло- та енергоносіїв;
- економія пального;
- поліпшується стабільність роботи;
- поліпшується якість цукру;
- збільшуються обсяги переробки;
- підвищується вихід цукру.

Дана АСУ ТП являє собою інтегровану систему, яка задовольняє вимоги до якості регулювання і контролю.

Система має можливість подальшого розвитку:

- автоматизація інших відділень;
- створення єдиної інформаційної мережі підприємства з функціонуванням автоматизованих робочих місць: керівника, технолога, бухгалтерії і т.д.

Слід сказати, що існує ряд загальних умов ефективності АСУ в цілому і застосування обчислювальної техніки зокрема:

- АСУ повинні мати комплексний характер, тобто охоплювати не окремі ділянки і сторони управління, а весь процес;

- показники оцінки та планування діяльності підприємства і критерії оптимальності економіко-математичних моделей повинні зацікавлювати колективи підприємства в використанні АСУ;

- АСУ ефективні і здатні розкрити додаткові резерви там, де все "лежачі на поверхні" можливості вичерпані.

Специфічні умови для розвитку автоматизації на базі обчислювальної техніки визначаються, перш за все, тенденцією до зростання одиничної потужності цукрових заводів і зростанням ролі координаційних завдань в управлінні; зміною технологічних показників якості сировини, палива і допоміжних матеріалів; сезонністю бурякоцукрового виробництва, яка знижує ефективність систем управління в кілька разів і посилює вимоги до зниження одноразових витрат на їх створення; недостатньою забезпеченістю засобами вимірювання, первинними перетворювачами (датчиками) і особливо виконавчими механізмами і регулюючими органами належної якості.

Крім того, розвиток мікропроцесорної техніки і використання теорії управління в цифрових системах дозволяють створити регулятори різної складності і з заздалегідь заданими властивостями. Один з регуляторів, що забезпечує переведення системи з одного стану в інший за мінімальне число періодів квантування при наявності обмеження на керуючі впливи, був синтезований в даній роботі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Ляшенко С. А. Получение линеаризированных математических моделей работы вакуум-аппаратов для АСУ ТП сахарного завода / С. А. Ляшенко // Научнопрактический журнал. Агротехника и энергообеспечение. ФГБОУ ВПО Орловский ГАУ. – Орел, 2015. – № 2 (6). – С. 15-23.

2 Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: підручник/ В.Г. Трегуб – Київ : Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.

3 Методи сучасної теорії управління: підручник /А.П. Ладанюк, Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук - Київ : Видавництво Ліра-К, 2019. - 368 с.

4 Ванін В. В. Оформлення конструкторської документації : навч. посіб./ В. В. Ванін, А. В. Бліок, Г. О. Гнітецька. – К. : Каравела, 2016. – 200 с.

5 Ладанюк А.П., Заєць Н.А., Власенко Л.О. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування): монографія – К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.

6 Інформаційні технології управління організаційно-технологічними системами: монографія / Т. О. Прокопенко, А. П. Ладанюк. – Черкаси : Вертикаль, 2015. – 224 с.

7 Благовещенская М.М. и др. Автоматика и автоматизация пищевых производств. –М.: Агропромиздат, 1991.

8 Рева Л.П. Фізико-хімічні основи технологічних процесів очищення дифузійного соку у виробництві цукру: монографія / Л. П. Рева. – Київ : НУХТ, 2012. – 371 с.

9 Gururaj Hunsigi. Production of Sugarcane: Theory and Practice. Springer Science & Business Media, 2012.- 245 p.

10 John Howard Payne. Published by Elsevier Science Ltd, 1982 – 218 p.

11. Nishikawa, Y., N. Sanomiya, T. Ohta, and H. Tanaka A method for auto-tuning of PID control parameters / Y. Nishikawa, N. Sanomiya, T. Ohta, H. Tanaka // Automatica. – 1984. – Vol. 20. – N3. – P. 321-332.

12. Aström, K. J. Automatic tuning of simple regulators with specifications on phase and amplitude margins / K. J. Aström, T. Hagglund // Automatica. – 1984. – Vol.20. – N3. – P. 645-651.

13 Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами: монографія / Луцька Н.М., Ладанюк А.П. – К.: Видавництво „Ліра-К”, 2015. – 288 с.

14 Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів: монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай . – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408с..

15 Мацелюх Н. П. Економічні теорії в системі наукових економічних знань: Навчальний посібник / Н.П. Мацелюх. — Київ, 2015. — 226 с.

16 Шудренко І. В. Основи охорони праці : навч. посіб. / І. В. Шудренко. – Житомир : Видавець, О. О. Євенок, 2016. – 214 с.