

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизована система керування виробництвом цукру

Назва теми

КвРАКІТ. 2020045.01.02.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент 3 курсу, група АКІТ_с-20-1


Підпис

Костянтин ПОДОБА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник:

д-р техн. наук, проф.


Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

зав. кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих
технологій та робототехніки


Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«25» червня 2023 р.

Хмельницький 2023

Хмельницький національний університет

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та
робототехніки

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня-професійна програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою АКТ та Р

В. Мартинюк
«01» 02 2023р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Подоба Костянтин Олександрович

1 Тема роботи: Автоматизована система керування виробництвом цукру
керівник роботи Мартинюк В.В., д.т.н, професор

Затверджено наказом по університету від «01» березня 2023р. №5.

2 Строк подання студентом роботи на кафедру: 03.06.2023р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. Огляд літературних джерел та патентних даних. Основна частина.
Розробка SCADA системи для автоматизованої системи керування
вакуумним кристалізатором. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень).

1. Структурна схема автоматизованої системи керування процесом
кристалізації цукру в серійних варильних апаратах.

2. Структурна схема контуру регулювання вакуумним кристалізатором.

3. Людино-машинний інтерфейс системи автоматичного керування
вакуумним кристалізатором.





Завдання отримав

Косов

Науковий керівник

В. Мартинюк

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., к.т.н., доцент каф. АКІТгаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., к.т.н., доцент каф. АКІТгаР		

7. Дата видачі завдань « 01 » 02 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№ п/п	Назва етапів (розділів) дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2023р.	Виконано
2	Огляд літературних джерел та патентних даних	15.03.2023р.	Виконано
3	Основна частина	10.04.2023р.	Виконано
4	Розробка SCADA системи для автоматизованої системи керування вакуумним кристалізатором	10.05.2023р.	Виконано
5	Висновки	15.05.2023р.	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки до КРБ	25.05.2023р.	Виконано
7	Оформлення презентаційних матеріалів	1.06.2023р.	Виконано

Студент


Підпис

Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис

Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована система керування виробництвом цукру».

Автор роботи: Подоба Костянтин Олександрович.

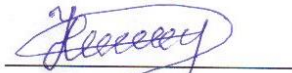
Керівник роботи: Мартинюк Валерій Володимирович

Пояснювальна записка: 61 с., 18 рис., 1 дод., 40 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ВИРОБНИЦТВО ЦУКРУ, SCADA СИСТЕМА, МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЦУКРУ.

Мета кваліфікаційної роботи – є розробка автоматизованої системи керування процесом виробництвом цукру шляхом використання автоматизованого процесу контролю кристалізації цукру в реальному масштабі часу. В процесі розробки автоматизованої системи керування виробництвом цукру в якості пристрою програмного керування вибрано прилад Seedmaster 3. Прилад Seedmaster 3 визначає параметри, які необхідні для керування процесом кристалізації цукру.



Підпис студента

23.06.2023

Дата

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ .	6
1.1. Технологічний процес виробництва цукру	6
1.2. Автоматизація технологічного процесу виробництва цукру	11
1.3. Висновки до першого розділу	18
2. ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	20
2.1. Математична модель процесу кристалізації цукру в серійних варочних апаратах	20
2.2. Структурна схема автоматизованої системи керування процесом кристалізації цукру в серійних варильних апаратах.....	24
2.3. Вибір обладнання для автоматизованої системи керування процесом кристалізації цукру в серійних варильних апаратах.....	30
2.5. Висновки до другого розділу	35
3. РОЗРОБКА SCADA СИСТЕМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВАКУУМНИМ КРИСТАЛІЗАТОРОМ	36
3.1. Розробка структурної схеми контуру регулювання вакуумним кристалізатором.....	36
3.2. Розробка алгоритму роботи системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором.....	40
3.3. Розробка людино-машинного інтерфейсу системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором	45
3.4. Висновки до третього розділу.....	53
ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	56
Додатки.....	61

КРБАКІТ. 2020045.01.02.ПЗ								
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система керування виробництвом цукру Пояснювальна записка	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Подоба К.О.		23.06.23		у		
Перевір		Мартинюк В.В.		23.06.23			2	61
Т.Контр		Корецька Л.О.		23.06.23		ХНУ, АКІТс-20-1		
Затвер.		Мартинюк В.В.		23.06.23				

ВСТУП

Актуальність теми. Виробництво цукру в промислових масштабах все залежить від повної автоматизації процесів виробництва.

Автоматизація базується на:

- глибині розуміння контрольованих процесів;
- надійних результати вимірювань ключових параметрів процесу, що надаються обладнанням у режимі он-лайн;
- ретельно вибраному методі контролю.

Актуальність роботи обумовлена розробкою автоматизованої системи керування процесом виробництвом цукру, а саме автоматизованого контролю процесу кристалізації за допомогою ПЛК або АСК.

Процес контролю кристалізації цукру тривалий час ґрунтувався на приладах, які були не здатні надати дійсно необхідну інформацію для покращення процесу контролю кристалізації цукру. Основна частина з цих приладів надавала дані, що залежать, у свою чергу, від декількох параметрів (здебільшого невимірюваних), а це робило їх використання проблематичним.

Результат очевидний: тривалий час процес контролю кристалізації цукру відбувався методом проб і помилок та базувався передусім на досвіді майстрів цукроваріння. Тому використання автоматизованого процесу контролю кристалізації цукру з допомогою спеціалізованого програмного забезпечення для ПЛК чи АСК ТП де дійсно актуальною задачею.

Метою роботи є розробка автоматизованої системи керування процесом виробництвом цукру шляхом використання автоматизованого процесу контролю кристалізації цукру в реальному масштабі часу.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі **завдання**:

					КРБАКІТ. 2020045.01.02.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		3

- розробити структурну схему автоматизованого процесу контролю кристалізації цукру у реальному масштабі часу;
- розробити алгоритм автоматизованого процесу контролю кристалізації цукру;
- розробити програму роботи системи автоматизованого процесу контролю кристалізації цукру.

Об'єктом дослідження є процес керування кристалізації цукру.

Предметом дослідження є системи автоматичного керування кристалізації цукру.

Методи досліджень. При вирішенні поставлених завдань у роботі були використані методи теорії керування, теорії кіл та методи алгоритмізації та програмування.

Практична значимість отриманих результатів:

У роботі розроблена система автоматичного керування кристалізації цукру та людино-машинний інтерфейс системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором. Використання такої системи дозволяє підвищити ефективність процесу контролю кристалізації цукру в автоматизованому режимі.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків до кожного розділу, висновків, списку використаних джерел, 3 додатків. Загальний обсяг роботи складає 61 сторінок комп'ютерного тексту, у тому числі: 18 рисунків, список використаних джерел вміщує 40 найменувань.

У вступі обґрунтована актуальність кваліфікаційної роботи, сформульовано мету та задачі кваліфікаційної роботи, відображено її практичне значення.

В першому розділі були розглянуті наступні питання: особливості процесу безперервної кристалізації цукру, обладнання та виробничі лінії для впровадження процесу безперервної кристалізації цукру.

У другому розділі розроблено структурну схему автоматизованої системи керування процесом кристалізації цукру в серійних варильних апаратах, яка складається з ПІД регулятора концентрації клапана подачі пари, ПІД регулятора перенасичення, ПІД регулятора концентрації сиропу, ПІД регулятора абсолютного тиску та ПІД регулятора рівня сиропу. Виконано вибір обладнання для автоматизованої системи керування процесом кристалізації цукру в серійних варильних апаратах.

У третьому розділі розроблено структурну схему контуру регулювання вакуумним кристалізатором. Кожний цикл роботи періодичного вакуумного кристалізатора відповідає рецептурі, реалізованій послідовною програмою, основні етапи якої наступні.

Для зв'язку між пристроєм Seedmaster SM-3 і людино-машинним інтерфейсом системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором використано маршрутизатор eWON 4005CD від компанії eWON (Бельгія).

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1 Технологічний процес виробництва цукру

Переробка цукрових буряків - це виробництво цукру (сахарози) з цукрових буряків. До побічних продуктів переробки цукрових буряків відносяться жом і патока. Більшість виробленої патоки обробляється далі, щоб видалити залишки сахарози. М'якоть і більшу частину меляси, що залишилася, змішують разом, сушать і продають як корм для худоби.

Зібрані на полі цукрові буряки відправляються на переробні підприємства, де їх зазвичай приймають за допомогою високошвидкісних конвеєрів і систем сортування. Системи просіювання видаляють з буряків вільний бруд і видаляють бадилля та листя з коренеплодів.

Конвеєри транспортують буряк до зон зберігання, а потім до операцій остаточного очищення та видалення сміття, які передують операціям обробки. Буряк транспортується до фази остаточного очищення за допомогою жолобів, які використовують воду як для переміщення, так і для очищення буряків.

Хоча більшість заводів використовують лотки, деякі заводи використовують сухі конвеєри на стадії остаточного очищення. Недоліком жолобового транспортування є те, що частина цукру вимивається у воду з лотка з пошкоджених поверхонь буряків.

Жолоби переносять буряк до бурякоприймача, який регулює потік буряків через систему та запобігає зупинкам у системі. З живильника жолоби переносять буряк через кілька очисних пристроїв, які можуть

включати вловлювачі каміння, сепаратори піску, магнітні металеві сепаратори, форсунки для розпилення води та уловлювачі сміття.

Після очищення буряк відокремлюють від води, за допомогою бурякового колеса і транспортують ланцюговим або ковшовим елеватором, похилим стрічковим конвеєром або буряковим насосом до операцій обробки.

Перед видаленням сахарози з буряка шляхом дифузії, очищений і промитий буряк нарізають довгими тонкими смужками, які називаються стружкою. Стружка транспортується до дифузорів безперервної дії, в яких гаряча вода використовується для вилучення сахарози з стружки.

В одній конструкції дифузора дифузор нахилений вгору та переносить стружку вгору по схилу, коли вода вводиться у верхній частині дифузора та тече протитечією до стружки.

Температура води в дифузорі зазвичай підтримується між 50 °С і 80 °С. Ця температура залежить від кількох факторів, у тому числі від температури денатурації стружки, термічної поведінки клітинної стінки буряка, потенційних ферментативних реакцій, активності бактерій і пресованості бурякового жому.

Збагачена цукром вода, яка витікає з випускного отвору дифузора, називається сирим соком і містить від 10 % до 15 % цукру. Цей сирий сік надходить на сокоочищення. Оброблена стружка або м'якоть, що виходить з дифузора, поступає на виробництво сухої м'якоти.

На етапі очищення соку несахарозні домішки в сирому соку видаляються, щоб чиста сахароза могла кристалізуватися. Спочатку сік проходить через сита, щоб видалити будь-які дрібні частинки стружки.

Потім суміш нагрівають до 80 °С - 85°С і подають до першого резервуару карбонізації. У деяких процесах сік із сита проходить через

попередню вапнювальну камеру, нагрівач і головну вапнювальну камеру перед першим резервуаром карбонізації.

У першому резервуарі карбонізації вапняне молоко $\text{Ca}(\text{OH})_2$ додається до суміші, щоб адсорбувати або прилипати до домішок у суміші, а вуглекислий газ CO_2 барботується через суміш, щоб осадити вапно як нерозчинні кристали карбонату кальцію. Печі для випалювання вапна використовуються для виробництва CO_2 та вапна, що використовується в карбонізації.

Невеликі нерозчинні кристали (утворені під час карбонізації) осідають у відстійнику, після чого сік знову обробляється CO_2 (у другому резервуарі для карбонізації), щоб видалити залишки вапна та домішок.

РН соку нижчий під час цієї другої карбонізації, що призводить до утворення великих кристалів карбонату кальцію, які легко фільтруються. Після фільтрації до соку додають невелику кількість діоксиду сірки SO_2 , щоб пригнічувати реакції, які призводять до потемніння соку.

Більшість підприємств купують SO_2 у вигляді рідини, але деякі підприємства виробляють SO_2 шляхом спалювання сірки в сірчаній печі. Після додавання SO_2 сік надходить до випарників.

Процес випаровування, який збільшує концентрацію сахарози в соку шляхом видалення води, зазвичай виконується в серії з п'яти випарників. Пара з великих котлів використовується для нагріву першого випарника, а пара від води, що випаровується в першому випарнику, використовується для нагрівання другого випарника.

Ця передача тепла продовжується через п'ять випарників, і коли температура знижується (через втрату тепла) від випарника до випарника, тиск усередині кожного випарника також знижується,

дозволяючи соку кипіти при нижчих температурах, що забезпечуються в кожному наступному випарнику.

Деяка пара виділяється з перших трьох випарників, і ця пара використовується як джерело тепла для різних технологічних нагрівачів по всій установці. Після випарювання відсоток сахарози в «густому соку» становить 50% - 65%.

Кристалічний цукор, який виробляється пізніше, додається до соку та розчиняється у високоплавильному апараті. Потім цю суміш фільтрують, утворюючи прозору рідину, відому як стандартний розчин, який переходить до операції кристалізації.

Цукор кристалізується кип'ятінням при низькій температурі. Стандартний лікер кип'ятять у вакуумних чашах до перенасичення. Щоб розпочати утворення кристалів, лікер або «збивають» за допомогою невеликої кількості цукрової пудри, або «засівають», додаючи суміш дрібно помеленого цукру та ізопропілового спирту.

Затравкові кристали ретельно вирощуються шляхом контролю вакууму, температури, додавання живильного розчину та пари. Коли кристали досягають потрібного розміру, суміш розчину і кристалів, відома як утфель, вивантажується в змішувач.

Із змішувача утфель переливають у високошвидкісні центрифуги, в яких рідина центрифугується у зовнішню оболонку, а кристали залишають у внутрішній відцентровий кошик.

Кристали цукру потім промиваються чистою гарячою водою і відправляються в гранулятор, який є поєднанням барабанної сушарки та охолоджувача. Деякі підприємства мають окремі сушарки та охолоджувачі цукру, які разом називають грануляторами.

Промивну воду, яка містить невелику кількість сахарози, перекачують у вакуумні ванни для обробки. Після охолодження цукор

просіюють, а потім пакують або зберігають у великих бункерах для майбутнього пакування.

Рідина, яка відокремила від кристалів цукру в центрифугах, називається сиропом. Цей сироп служить живильним розчином для «другого кип'ятіння» і вводиться назад у вакуумні чаші разом зі стандартним розчином і оборотною промивною водою.

Процес повторюється ще раз, у результаті чого утворюється меляса, яку можна додатково знецукровити за допомогою процесу іонного обміну, що називається глибоким знецукровуванням патоки. Меляса, яка не знецукрована, може бути використана у виробництві кормів для худоби або для інших цілей.

Ще одним продуктом переробки цукрових буряків є вологий жом з дифузійного процесу. Целюлоза спочатку пресується, як правило, у горизонтальних двошнекових пресах, щоб зменшити вміст вологи з приблизно 95 відсотків до приблизно 75 відсотків.

Вода, видалена пресами, збирається і використовується як дифузійна вода. Після пресування до мезги додається патока, яка потім сушиться в горизонтальному обертовому барабані з прямим нагріванням, відомому як сушарка для целюлози.

Сушарка для целюлози, яка може працювати на нафті, природному газі або вугіллі, зазвичай забезпечує температуру на вході від 482 °C до 927 °C. У міру сушіння целюлози температура газу знижується, а температура целюлози підвищується. Температура димового газу на виході зазвичай становить від 88 °C до 138°C. Отриманий продукт зазвичай гранулюють, охолоджують і продають як корм для худоби.

1.2 Автоматизація технологічного процесу виробництва цукру

Автоматичне керування та координація виробничих процесів були досить розвинені в деяких галузях промисловості (хімічна та нафтова промисловість, виробництво автомобілів тощо) ще до другої світової війни. Це головним чином базувалося на використанні релейного керування та на використанні пневматичних та гідравлічних одно контурних контролерів.

Справжній підйом автоматизації виробничих процесів настав після війни. Великий поштовх став результатом відкриття та масового виробництва транзисторів на початку 50-х років, тому що низька надійність і короткий термін служби електронних ламп перешкоджали їх використанню в промисловості.

Ці події, проникли в цукрову промисловість із значним запізненням. Деякі з важливих машин (наприклад: випарники, центрифуги) були предметом постійного вдосконалення, тоді як деякі інші, наприклад порційні вакуумні апарати, і керування ними не змінилися.

Їх прилади не виходили за межі манометра та ртутного термометра. Ряд скляних вікон залишився основним «інструментом» для надання інформації на рівні панорами. Сьогодні в усьому світі все ще використовуються тисячі вакуумних апаратів із таким рівнем оснащення.

Це був час, коли промислове вимірювання рівня рН і електропровідності разом із реометром для вимірювання консистенції стали реальністю. Виміряні дані відображалися за допомогою інструментів з рухомою котушкою та простих самописців.

Кореляція між концентрацією та підвищенням температури кипіння технічних цукрових розчинів стала предметом дослідження, і почалися спроби застосувати її для кристалізації цукру. Був представлений зонд для вимірювання щільності, а в промисловості з'явилися трансмітери та одноконтурні (переважно пневматичні) ПД-регулятори.

Сама поява ПД-регуляторів стала результатом прогресу в теорії автоматичного (одноконтурного) регулювання. Однак застосувати теорії на практиці не завжди відбувалося легко. ПД-регулятор потребує налаштування для правильної роботи. Дж. Зіглер, інженер компанії Тейлора в США, і його партнер Ніколс, першими розробили метод налаштування ПД-регуляторів. Дж. Зіглер став піонером автоматизації в цукровій промисловості, надав чудовий приклад рідкісного поєднання знання технології та сучасних методів автоматичного керування.

Автоматизація в промисловості з 60-х років була на підйомі, хоча лише на досить обмеженій території світу. Чудо 60-х років, міні-комп'ютер почав своє існування спочатку як улюблений інструмент хімічної промисловості і досить довго залишався недосяжним для цукрової промисловості. Програмований логічний контролер (ПЛК) тієї ж епохи став дуже ефективним інструментом особливого для вирішення проблем керування, але знову ж таки, переважно в інших галузях.

Справжній прорив у автоматизації середнього та великого масштабу стався на початку 70-х років із запровадженням першої повністю цифрової системи керування процесом TDC2000 від компанії Honeywell.

Інші відомі продавці дуже скоро пішли за ними. На сцені з'явився новий клас обладнання розподілені системи керування (РСК), що складаються з комп'ютерного обладнання та системного програмного

забезпечення, призначених для задоволення особливих потреб керування промисловими процесами.

З моменту свого впровадження нові покоління РСК стали основним інструментом загальнопромислової автоматизації в більшості галузей промисловості по всьому світу. Деякі з цих систем згодом також знайшли свій шлях до цукрової промисловості.

Говорячи про середньо- та великомасштабну автоматизацію технологічного процесу виробництва цукру, ми повинні розрізняти клієнтів, які будуть користуватися нею вперше, від тих, хто вже має певний досвід роботи з нею.

Звісно, непросто здійснити перехід від ручного керування операціями до повністю автоматичного. Однак ті, хто запізнився, роблячи «великий стрибок», можуть втішити себе використанням репертуару автоматизації 21 століття.

З іншого боку, користувачі другого покоління можуть мати цінний досвід автоматизації, але лише за допомогою обладнання та методів, які вже більш-менш застаріли.

У випадку нового заводу (проект «з нуля») основне обладнання (випарники, кристалізатори, центрифуги тощо) заводу поставлятиметься одним або кількома постачальниками, які спеціалізуються на їх виробництві. Деякі з цих машин постачаються в комплекті з власним контрольним обладнанням (наприклад центрифуги).

В інших випадках метод контролю вже розроблений і перевірений постачальником і доступний замовнику у вигляді документації або рекомендації. Замовник вирішує, який тип контрольного обладнання він хоче використовувати для реалізації стратегії керування.

Тут слід зазначити, що методи керування взаємодією великих частин технологічного процесу виробництва цукру (що є дуже важливим

Однак через неможливість отримати достовірні дані за допомогою одного приладу розуміння цієї важливості було порожніми словами до моменту виникнення деякого наближеного методу.

Ступінь пересичення розчину кількісно можна визначати коефіцієнтом пересичення k_{II} :

$$k_{II} = \frac{c}{c_H}, \quad (1.1)$$

де c - концентрація речовини в пересиченому розчині;

c_H - концентрація тієї самої речовини в насиченому розчині.

Ступінь пересичення розчину є функцією кількох змінних:

$$k_{II} = f(C, T, P, m, b, c), \quad (1.2)$$

де C - концентрація сиропу;

T - температура;

P - чистота сиропу;

m, b, c – параметри якості сиропу.

Ступінь пересичення розчину сиропу можна визначити лише розрахунковим способом з огляду на всі ключові параметри. У разі моніторингу даних або автоматичного контролю кристалізації цукру за допомогою ПЛК або АСК ТП, достовірні дані про Ступінь пересичення розчину сиропу необхідні, як правило, кожні 10 секунд.

Загальними параметрами, що використовуються для моніторингу процесу кристалізації цукру в серійних варочних апаратах, є:

- температура утфелю, яка вимірюється резистивним температурним давачем (РТД), що під'єднаний до електронного перетворювача;

- вакуум і (при необхідності) тиск пари;

- рівень сиропу/утфелю в апараті, що вимірюється давачем перепаду тиску;

- струм мішалки або споживання потужності.

Дані, які надаються цими приладами, відіграють добре встановлену роль в процесі контролю за процесом кристалізації цукру, проте надають обмежену інформацію про важливі параметри утфелю.

В таблиці 1 подано найбільш важливі параметри утфелю, що відіграють надзвичайно вагому роль в процесі контролі кристалізації цукру. Також в таблиці показано, що за допомогою приладів можна отримати дані лише про два параметри:

- вміст сухих речовин в утфелі, які вимірюються за допомогою НВЧ-аналізаторів;

- концентрації розчину з використанням промислового рефрактометра (вимірювання підвищення точки кипіння залежить від чистоти сиропу і не є достатньо точним).

Інші показники, а саме найважливіший - ступінь пересичення, отримати на даний момент неможливо через відсутність відповідних вимірювальних приладів.

Два типи приладів (кондуктометричний та радіочастотний) вимірюють електричні характеристики сиропу та утфелю, у той час як два інших надають дані про деякі параметри (щільність, консистенція).

Всі перераховані результати вимірювань цих приладів слід використовувати з особливою обережністю, тому що ці дані окремо не дають повної інформації про стан утфелю.

Таблиця 1 - Параметри утфелю та прилади для їх вимірювання

Параметри утфелю	Прилади для їх вимірювання
Ступінь пересичення	Відсутні
Вміст сахарози в сиропі та утфелі	НВЧ-аналізатори
Вміст кристалів	Відсутні
Чистота розчину	Відсутні
Середній розмір кристалів цукру	Відсутні
Концентрація сиропу	Промисловий рефрактометр K-Patents (підвищення точки кипіння)

Лабораторні рефрактометри також використовувалися тривалий час як у цукровій, так і в інших галузях промисловості. У випадку кристалізації цукру раніше, та й зараз звичайною практикою є відбір зразків з апарату і наступне лабораторне визначення показника заломлення, який добре корелює з вмістом сухих речовин у сиропі.

Недоліками такого способу є:

- відбір зразків відбувається рідко, що неприпустимо при автоматичному контролі (втрата регулярних показів);
- велика ймовірність людської помилки.

Перші повністю цифрові промислові рефрактометри були розроблені компанією K-Patents Oy (Фінляндія) і набули широкого застосування в багатьох галузях промисловості, разом із цукровою промисловістю.

Їхні основні характеристики:

- міцна конструкція, яка не вимагає обслуговування за місцем;
- прилад із заводським калібруванням, калібрування на місці не потрібно;

- селективне вимірювання концентрації, відсутність впливу забарвлення розчину, наявності бульбашок або твердих частинок (кристалів);
- точність визначення концентрації: $\pm 0,05\%$; $\pm 0,1\%$;
- один перетворювач підтримує два давачі одночасно (незалежні вимірювання);
- виведення даних: стандартний сигнал (4-20 мА), Ethernet;
- великий вибір варіантів конструкцій, що задовольняє всі вимоги різних виробництв і завдань.

Перші мікрохвильові прилади з'явилися в кінці 1990-х. Мікрохвильове обладнання працює в діапазоні високих частот (від декількох сотень мегагерц до декількох гігагерц). Існує дві абсолютно різні конструкції датчиків, що вимірюють вміст води в середовищі, яке вимірюється.

Ці дані використовуються для розрахунку концентрації. Прилади вимагають калібрування за місцем, точність вимірювань дуже невелика, в діапазоні від $\pm 0,2$ до $\pm 1,0\%$. Мікрохвильові прилади стають популярними в деяких областях промисловості, разом із цукровою промисловістю.

1.3 Висновки до першого розділу

1. Виробництво цукру в промислових масштабах все залежить від часткової або повної автоматизації технологічного процесу виробництва цукру. Автоматизація технологічного процесу виробництва цукру базується на:

- на глибині розуміння технологічного процесу виробництва цукру;

- надійні результати вимірювань ключових параметрів технологічного процесу виробництва цукру, що надаються обладнанням у режимі онлайн;

- ретельно вибраному методі контролю технологічного процесу виробництва цукру.

2. Контроль кристалізації цукру тривалий час ґрунтувався на приладах, які не здатні надати дійсно необхідну інформацію для покращення контролю технологічного процесу виробництва цукру. Основна частина з них надавала дані, які залежать, від декількох параметрів (здебільшого невимірюваних), що робило їх використання проблематичним.

3. Тривалий час контролю кристалізації цукру здійснювався методом проб і помилок, заснований перш за все на досвіді майстрів цукроваріння.

4. Спосіб контролю технологічного процесу виробництва цукру з використанням спеціалізованого програмного забезпечення для ПЛК або АСК ТП є найкращим для підвищення якості виробництва цукру та продуктивності праці на цукровому заводі.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Математична модель процесу кристалізації цукру в серійних варочних апаратах

Швидкість росту кристалів цукру відіграє дуже важливу роль у процесі кристалізації. При моделюванні кристалізації цукру (випаровування або охолодження) лінійна швидкість росту майже виключно виражається рівнянням:

$$\frac{da}{dt} = K^b \cdot (k_{II} - 1)^g, \quad (2.1)$$

де a - характерний розмір кристала (мм);

da/dt - швидкість росту кристалів (лінійна) (мм/хв);

K - загальна швидкість росту кристалізації, яка вважається константою;

b - константа;

g - константа;

k_{II} - коефіцієнт перенасичення.

У більшості випадків константи b і g дорівнюють 1. Параметр K використовується в рівнянні (2.1), щоб поєднати вплив кількох невимірних (або навіть невідомих) параметрів в одну «константу», яка насправді є чим завгодно, але не постійною.

У своїй статті Rozsa, L., Rozsa, J., Kilpinen, S. [] представили складне рівняння лінійного росту кристалів цукру:

$$\frac{da}{dt} = K \cdot (k_{II} - 1,035) \cdot 0,277 \cdot e^{0,0186T} \cdot e^{-1,75 \cdot \frac{NS}{100}} \cdot (1 - y)^2, \quad (2.2)$$

коефіцієнта рециркуляції кристалів і зниження реального виходу продукту.

При досить високому показнику чистоти ($P > 92\%$) область границі спонтанної кристалізації не знаходиться в сильній залежності від температури при значенні коефіцієнта перенасичення $k_n = 1,12$. На практиці значення k_n припустимо трохи більше 1,13.

За умови, що коефіцієнт перенасичення $k_n < 1,00$, - має місце розчинення існуючих кристалів. При значенні коефіцієнта перенасичення від $k_n = 1,00$ до $k_n = 1,035$ спостерігається відсутність росту кристалів. При значенні коефіцієнта перенасичення від $k_n > 1,035$ до $k_n = 1,12$ відбувається ріст кристалів без утворення нових центрів (ідеальний випадок). При значенні коефіцієнта перенасичення від $k_n > 1,135$ спостерігається створення нових центрів росту кристалів цукру.

Концентрація сиропу C впливає на значну зміну лінійної швидкості росту кристалів цукру. При високій чистоті сиропів $dk_n/dC \sim 0,065$, тому $\pm 1\%$ зміна концентрації (або помилка у вимірі концентрації) призводить до зміни значення k_n в широкому діапазоні $\Delta k_n = 0,13$ (вся область зони кристалізації становить тільки 0,085).

Очевидно, що для розрахунку k_n необхідний прилад, що забезпечує достовірні надійні вимірювання концентрації рідини в режимі онлайн, що характеризується точністю і стабільністю вимірювань не менше $\pm 0,1\%$.

Температура T також впливає на значну зміну лінійної швидкості росту кристалів цукру. При високій чистоті сиропів $dk_n/dT \sim 0,014$. Зміна температури на 10°C призводить до зміни перенасичення приблизно на 0,14 (непрямий вплив температури).

Чистота Р також впливає на зміну лінійної швидкості росту кристалів цукру. При високій чистоті сиропів $dk_{\pi}/dP \sim 0,004$. Зниження чистоти всієї маси на 2% призводить до зміни k_{π} приблизно на 0,008.

Температура безпосередньо впливає на зміну лінійної швидкості росту кристалів цукру. Насправді варіння здійснюють у діапазоні від $T=62^{\circ}\text{C}$ до $T=82^{\circ}\text{C}$. Було доведено, що при варінні з початковою температурою в діапазоні від $T=72^{\circ}\text{C}$ до $T=75^{\circ}\text{C}$ досягалися істотні переваги без ризику зміни кольору [3].

Концентрація нецукрів під час процесу варіння залежить від:

- від концентрації та чистоти сиропу розчину;
- температури, а саме при зменшенні температури для підтримки показника перенасичення на тому ж рівні слід зменшити також концентрацію NS (непрямий вплив температури).

Вміст кристалів (y) в об'ємі також відіграє важливу роль у процесі зростання кристалів. Можливі два випадки:

- а) повна відсутність кристалів при $y=0,00$ та $(1-y)^2=1,0$;
- б) ближче до закінчення варіння значення $y=0,5$ та $(1-y)^2=0,25$.

Вміст кристалів в абсолютному об'ємі (кількість кристалів в одиниці об'єму, наприклад в 1cm^3 утфелю) добре корелює з режимом контролю рівня рідини (об'єму) у варильному апараті.

2.2 Структурна схема автоматизованої системи керування процесом кристалізації цукру в серійних варильних апаратах

Структурна схема автоматизованої системи керування процесом кристалізації цукру в серійних варильних апаратах зображена на рисунку 2.1.

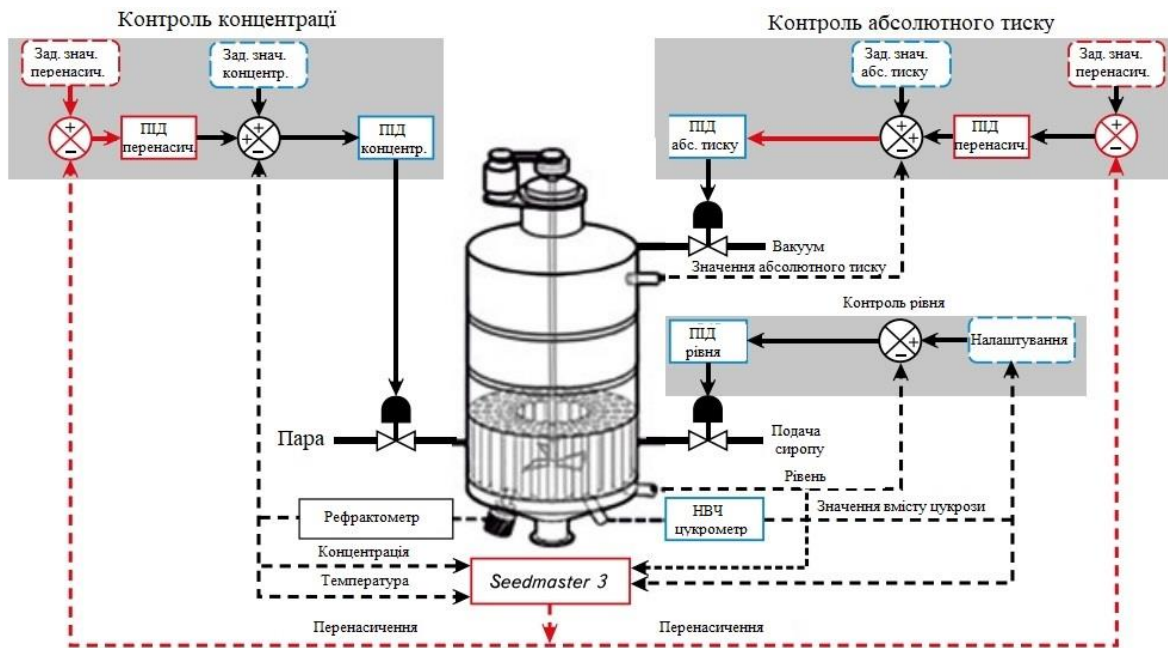


Рисунок 2.1 - Структурна схема автоматизованої системи керування процесом кристалізації цукру в серійних варильних апаратах

Подача пари до каландру контролюється ПІД регулятором концентрації клапана подачі пари. Він налаштований на приблизне значення концентрації (рідини), яке при необхідності можна змінювати налаштуванням ПІД регулятора перенасичення. ПІД регулятор концентрації клапана подачі пари та ПІД регулятор перенасичення з'єднані в каскадному режимі.

Абсолютний тиск (вакуум) у варильному апараті контролюється ПІД регулятором клапана тиску. Для ПІД регулятор клапана тиску

встановлюють зразкове значення абсолютного тиску, яке за необхідності можна змінити налаштуванням ПІД регулятора перенасичення. ПІД регулятор клапана тиску та ПІД регулятор перенасичення з'єднані в каскадному режимі.

Два ПІД регулятора перенасичення мають однакові налаштування. Рівень контролюється ПІД регулятором клапана подачі сиропу. Його налаштування задаються згідно обраної стратегії контролю рівня утфелю.

Вміст сухих речовин в утфелі вимірюється за допомогою НВЧ-цукрометра, а концентрації розчину вимірюється за допомогою промислового рефрактометра.

Прилад Seedmaster 3 визначає параметри, які необхідні для керування процесом кристалізації цукру. Зовнішній вигляд приладу Seedmaster 3 із додатковим пристроєм вводу/виводу зображено на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Зображення приладу Seedmaster 3 із додатковим пристроєм вводу/виводу

Можна виділити два способи отримання кристалів цукру:

3. Організація та зберігання архіву даних історії.
4. Розширений зв'язок з системою управління.
5. Служить інтерфейсом користувача для операторів панелі та системи керування.

У варильних апаратах використовується датчик зондового типу з довжиною вставки 130 мм. Місце встановлення датчика вибирають там, де виміряна концентрація є репрезентативною для найбільшого об'єму сиропу або утфелю.

Ця вимога означає, що слід уникати розміщення поблизу входу кормового сиропу та над каландром. Занадто мала відстань від точки входу призводить до невірних даних, дійсних для розведеного утфелю у відносно невеликому об'ємі. Занадто швидке падіння виміряної концентрації після відкриття живильного клапана є справжньою причиною для занепокоєння.

Перенасичення збільшується зі зниженням температури, якщо концентрація сиропу підтримується постійною. Це означає, що найбільше перенасичення очікується там, де температура найнижча. Температура найнижча на поверхні утфелю, а найвища - безпосередньо над каландром. Температура на поверхні каландра не може бути відстежена за допомогою датчика. На практиці температура на дні каландра досить близька до температури на поверхні.

Датчики рефрактометра повинні бути розташовані на дні каландра або збоку каландра, але значно нижче його поверхні.

Seedmaster SM-3 має розширені функції цифрового зв'язку. Він надсилає велику кількість отриманих і обчислених даних в режимі онлайн до системи керування процесом, а також отримує лабораторні дані, інформацію про статус тощо.

Seedmaster SM-3 - це комп'ютер із великим РК-сенсорним екраном, встановленим у міцному плоскому корпусі. Має два роз'єми Ethernet. Усі вхідні та вихідні дані процесу передаються безпосередньо між SM-3 і системою керування через Ethernet або Modbus. Аналогові або цифрові канали введення/виведення можна додати за допомогою блоку вводу/виводу.

Seedmaster SM-3 має:

- 6 цифрових входів;
- 2 цифрових виходи;
- 4 аналогових входи (0-20 або 4-20 мА);
- 4 аналогових виходи (4-20 мА).

Під'єднання блоку вводу/виводу та рефрактометра до Seedmaster SM-3 зображено на рисунку 2.3.

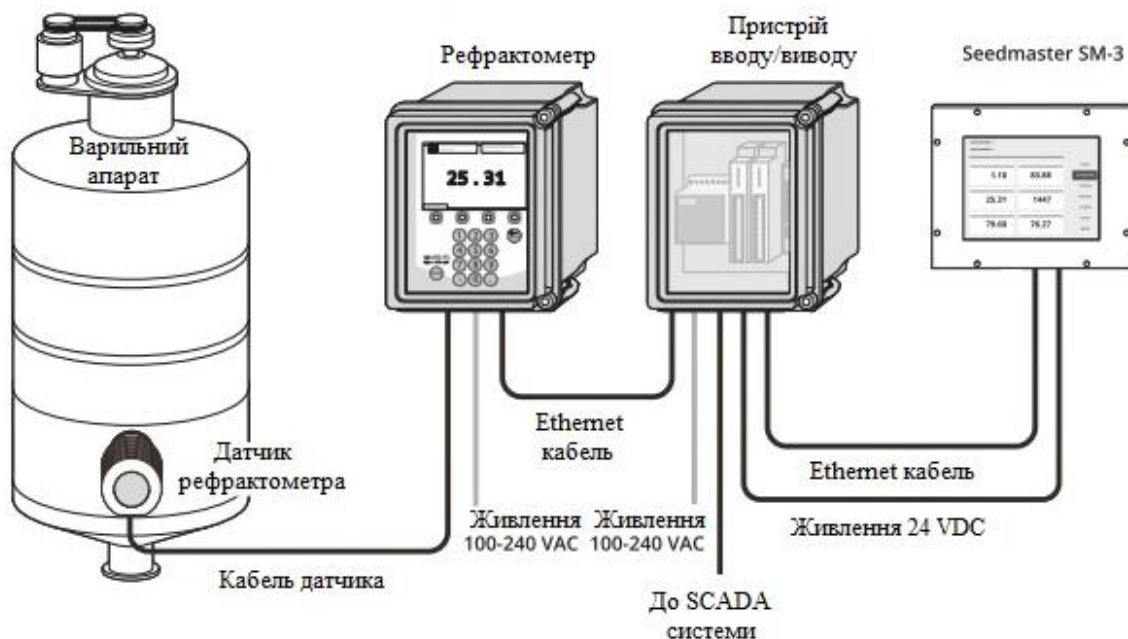


Рисунок 2.3 – Під'єднання блоку вводу/виводу та рефрактометра до Seedmaster SM-3

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

Seedmaster SM-3 виконує обчислення кожні 10 секунд. Немає необхідності оновлювати реєстри MODBUS швидше, ніж кожні 10 секунд. Надто часті запити MODBUS (наприклад, 50 запитів за секунду), може призвести до помилок зв'язку.

2.3 Вибір обладнання для автоматизованої системи керування процесом кристалізації цукру в серійних варильних апаратах

Подача пари до каландру системи керування процесом кристалізації цукру в серійних варильних апаратах контролюється ПД регулятором концентрації клапана подачі пари. В якості клапана подачі пари оберемо електромагнітний клапан високого тиску Duravis ESV 103-05 N.C. 1" 1-40 bar, який зображено на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Електромагнітний клапан високого тиску Duravis ESV 103-05 N.C. 1" 1-40 bar

До основних характеристик електромагнітного клапана високого тиску Duravis ESV 103-05 N.C. 1" 1-40 bar відносяться:

- вид клапана - нормально закритий;
- тип приєднання - муфтове;
- ступінь захисту - IP65;
- приєднання - 1";
- мінімальний робочий тиск - 1 бар;
- робоча температура - від -40 до + 180 °C;
- матеріал ущільнення - PTFE;
- максимальний робочий тиск - 40 бар.

Абсолютний тиск (вакуум) у варильному апараті контролюється ПД регулятором клапана тиску. В якості клапана вакуум оберемо електромагнітний клапан під вакуум 1/2" NC, який зображено на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 - Електромагнітний клапан під вакуум 1/2" NC

До основних характеристик електромагнітного клапана під вакуум 1/2" NC відносяться:

- приєднання - 1/2" мама;

- умовний прохід - 12 мм;
- витрата при тиску 1 бар - 40 л/ хв.;
- різниця тиску - 0...10 бар;
- матеріал корпусу - латунь;
- матеріал ущільнення - NBR;
- вага клапана - 0,43 кг;
- тип котушки - TM035;
- модель клапана - M2451;
- напруга живлення котушки - 24 VDC;
- споживана потужність 12 Вт.

Подача сиропу до каландру системи керування процесом кристалізації цукру здійснюється за допомогою електромагнітного клапана подачі сиропу. В якості електромагнітного клапана подачі сиропу оберемо електромагнітний клапан із нержавіючої сталі GAMA DSS-15 N.C. 1/2" 0 - 10 bar, який зображено на рисунку 2.6.



Рисунок 2.6 - Електромагнітний клапан із нержавіючої сталі GAMA DSS-15 N.C. 1/2" 0 - 10 bar

До основних характеристик електромагнітного клапана із нержавіючої сталі GAMA DSS-15 N.C. 1/2" 0 - 10 bar відносяться:

- вид клапана - нормально закритий;
- напруга - 24 В;
- тип приєднання - муфтове;
- приєднувальні розміри, DN;
- ступінь захисту - IP65;
- приєднання - 1/2";
- мінімальний робочий тиск - 0 бар;
- витрата - 40 л/хв.;
- матеріал корпусу - нержавіюча сталь;
- температура - від -5 до + 80 °С;
- матеріал ущільнення NBR, VITON;
- максимальний робочий тиск - 10 бар.

Дані про концентрацію сиропу вимірюються за допомогою рефрактометра Vaisala K-PATENTS.

Принцип дії рефрактометрів Vaisala K-PATENTS полягає у вимірюванні критичного кута заломлення, який змінюється в залежності від концентрації, щільності та температури аналізованої рідини.

Світло від джерела випромінювання прямує на поверхню розділу між вимірювальною призмою та аналізованою рідиною. Бічна поверхня вимірювальної призми відхиляє світлові промені, що падають на поверхню розділу двох середовищ під різними кутами.

Відбиті промені утворюють зображення, яке ділиться на світлу і темну зони і проектується на матрицю ПЗЗ-камери, яка реєструє зображення, перетворює його на цифровий сигнал, а мікропроцесор рефрактометра обробляє його за допомогою алгоритму аналізу

зображення, що дозволяє встановити точне положення межі між світлою та темною зоною.

Оберемо рефрактометр моделі PR-23, який складається з двох роздільних блоків: датчика та індикаторного перетворювача (DTR), які з'єднані електричним кабелем. Вигляд рефрактометра Vaisala K-PATENTS PR-23 зображено на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 - Рефрактометр Vaisala K-PATENTS PR-23

До основних характеристик рефрактометра Vaisala K-PATENTS PR-23 відносяться:

- межа допустимої абсолютної похибки при вимірюванні показника заломлення - $\pm 0,0002$;
- діапазон автоматичної температурної компенсації - від $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+170\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- час встановлення показів після включення – 3 с.

Рефрактометри мають вихідні сигнали:

- аналогові струмові виходи від 4 до 20 мА;
- цифровий - підключення до Ethernet з використанням протоколу UDP/IP.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КРБАКІТ. 2020045.01.02.ПЗ

Арк.

34

3 РОЗРОБКА SCADA СИСТЕМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВАКУУМНИМ КРИСТАЛІЗАТОРОМ

3.1 Розробка структурної схеми контуру регулювання вакуумним кристалізатором

Процес кристалізації можливий, коли концентрація розчиненої речовини для кристалізації, в даному випадку сахарози, перевищує концентрацію, що визначає розчинність речовини при даній температурі. Перенасичення, яке в цукровій промисловості зазвичай визначається як відношення двох згаданих концентрацій, має бути більше одиниці, щоб відбулася кристалізація.

Для помірних значень перенасичення визначається метастабільна зона, де можливе зростання існуючих кристалів, але ймовірність утворення нових зерен із розчину незначна. Проте, якщо перенасичення збільшується настільки, що воно виходить за межі нечітко визначеної стабільної зони, тоді явище зародження стає вибуховим, ситуації, якої слід уникати в процесах промислової кристалізації.

Розчинність сахарози зростає з підвищенням температури і присутності домішок. У цукровій промисловості перенасичення можна отримати охолодженням або випаровуванням надлишку води. У періодичних кристалізаторах використовують механізм випаровування надлишку води.

Промисловий кристалізатор виробництва цукру служить для створення умов перенасичення технічного розчину сахарози, щоб

крихітна початкова популяція кристалів цукру могла стабільно зростати, поки не досягне комерційного середнього розміру.

Важливою технологічною вимогою є те, що поширення розподілу розмірів у популяції зберігається якомога вузьким, і це означає, що перенасичення завжди повинно підтримуватися на помірних значеннях у так званій метастабільній області.

Умови перенасичення створюються шляхом досягнення правильного балансу між швидкістю випаровування води та стандартного розчину, який подається для поповнення розчину сахарози, яка мігрувала до поверхонь кристалів.

Випаровування здійснюється при низькому вакуумному тиску, щоб підтримувати температуру маси на знижених значеннях, щоб уникнути погіршення якості карамелізації цукру. Процес проводиться напівсерійним способом, і це означає, що переважаючі умови безперервно змінюються в процесі кристалізації.

Домішки, накопичуються під час циклу, тому чистота маточного розчину стає все нижчою, а це означає більші труднощі у підтримці правильного перенасичення. Кількість утфелю у вакуумному кристалізаторі зростає від початкового значення приблизно вдвічі до повної ємності вакуумного кристалізатора в кінці; і цей факт має важливий негативний вплив на процес кристалізації та на ефективність теплопередачі установки.

Труднощі у проведенні керування ускладнюються відсутністю важливих вимірювань на лінії. Перенасичення, наприклад, яке є критичним, залежить від інших змінних, таких як концентрація, температура і чистота розчину.

Чистота не вимірюється в режимі онлайн, але періодично звітується заводською лабораторією. Онлайн вимірювання концентрації розчину є проблематичним, а температура маси не є однорідною, особливо в кінці процесу кристалізації через погану циркуляцію, тому її визначення також є невизначеним.

Вакуумний кристалізатор сконструйований у вигляді циліндра з однаковими діаметром і висотою. У нижній частині розташований плаваючий теплообмінник типу каландра. Маса циркулює всередині труб і центрального водовідводу, а нагріваюча пара йде всередину оболонки.

Каландр розроблений таким чином, щоб сприяти циркуляції маси. Утфель піднімається в трубах у міру випаровування водної складової. Пара піднімається крізь існуючу масу і виходить на поверхню, щоб увійти у фазу, зайняту паром.

Утфель, проганяється по краю труб та повертається на дно через центральний водозбірник. Для інтенсифікації циркуляції внизу водозбірника розміщують механічну мішалку. Внесок мішалки важливий здебільшого в кінці процесу кристалізації, коли досягне випаровування є нижчим і природного перемішування, яке забезпечують бульбашки, недостатньо.

Вакуумний кристалізатор забезпечений необхідними клапанами для регулювання надходження нагрівальної пари в каландр, подачі сиропу в камеру та затравкової магми, що містить початкову популяцію кристалів.

Є клапани, які дозволяють випускати масу в кінці процесу кристалізації та контролюють вихід пари, що випаровується, з камери в

конденсатор. Також є очисний клапан для подачі пари після відкачування продукту з метою видалення слідів утфелю.

Структурна схема контуру регулювання вакуумного кристалізатора зображена на рисунку 3.1.

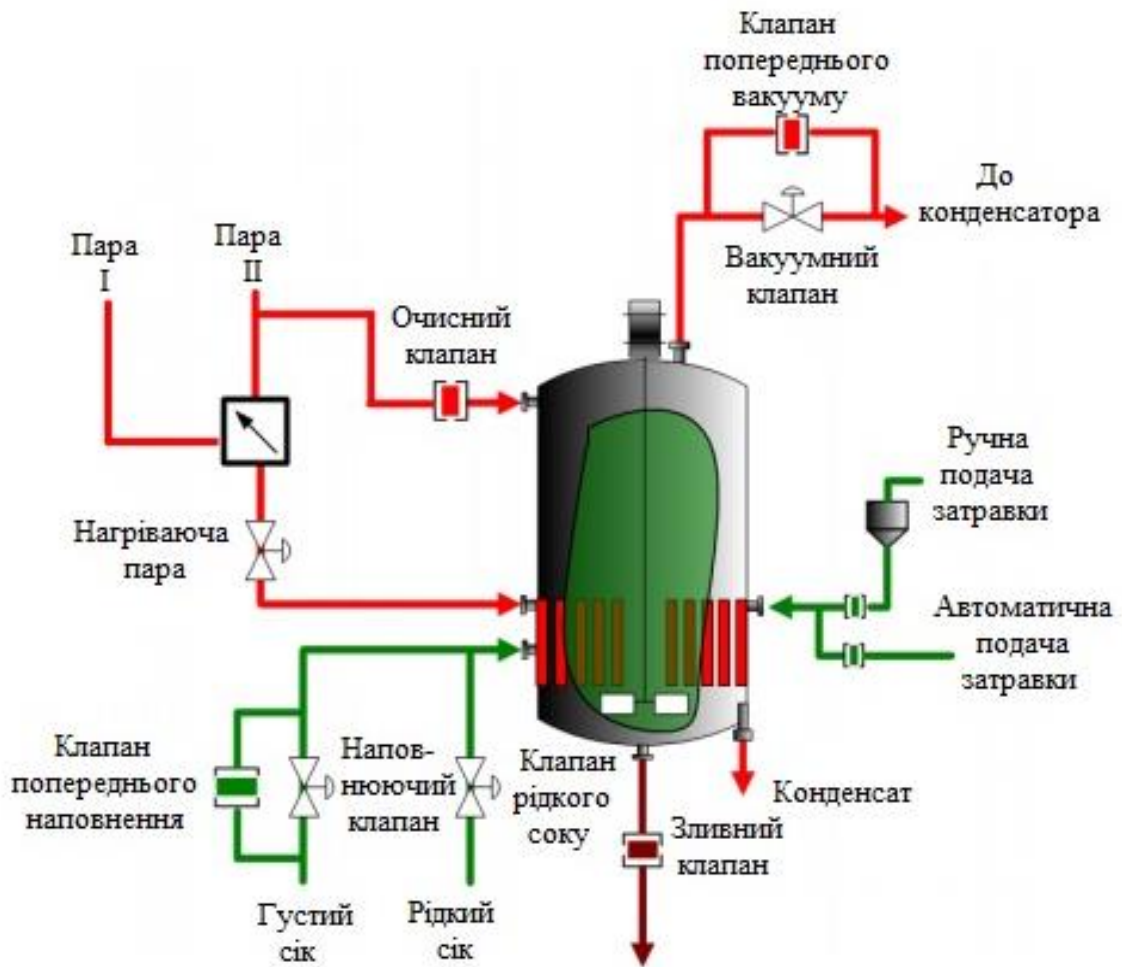


Рисунок 3.1 - Структурна схема контуру регулювання вакуумним кристалізатором

Структурна схема контуру регулювання вакуумним кристалізатором дозволяється індивідуально вибрати режим випарника, який буде джерелом пари для нагрівання.

Практика вимагає використання пари нижчого тиску (пара II) на початку циклу, коли процес нагрівання ефективніший, а потім перемикає на пару вищого тиску (пара I), коли цикл кристалізації продовжується, а коефіцієнт масопередачі швидко зменшується.

Прилади, які використовуються у вакуумному кристалізаторі, дозволяють вимірювати такі змінні: температуру маси в камері та тиск в паровому просторі, рівень, досягнутий масою, а також тиск пари в каландрі.

Пристрій має радіочастотний (РЧ) датчик, вимірювання якого проводяться режимі реального часу. Радіочастотний (РЧ) датчик можна відкалібрувати, щоб відобразити концентрацію суспензії: розчин плюс кристали, які ростуть.

Електричний струм, який споживає двигун мішалки, можна вважати показником консистенції маси, і цей факт використовується в кінці процесу кристалізації, коли вимірювання РЧ- датчик є менш точними.

3.2 Розробка алгоритму роботи системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором

Блок схема алгоритму роботи системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором зображена на рисунку 3.2. Кожний цикл

роботи періодичного вакуумного кристалізатора відповідає рецептурі, реалізованій послідовною програмою, основні етапи якої наступні.



Рисунок 3.2 - Блок схема алгоритму роботи системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором

1. Завантаження.

Клапан високої пропускної здатності повністю відкривається, щоб почати введення стандартного розчину в камеру. Мета полягає в тому, щоб завантажити достатню кількість сиропу, щоб повністю завантажити каландр таким чином, щоб максимізувати процес циркуляції маси та покращити коефіцієнт тепловіддачі. Два PID-контурі контролюють тиск у камері та в каландрі в автоматичному режимі.

2. Встановлення заданої концентрації.

Нагрівання маси продовжує концентрувати масу з метою досягнення необхідного перенасичення. Коефіцієнт теплопередачі та споживання пари на даний момент дуже високі. Етап завершується, коли сироп досягає значення, яке, з огляду на останній стандартний звіт про чистоту спирту з лабораторії, відповідало б правильному перенасиченню.

3. Внесення затравки.

Етап внесення затравки відбувається шляхом автоматичного введення кількості затравкової магми, яка вважається достатньою для отримання кінцевого правильного середнього розміру кристалів цукру.

4. Вирощування кристалів.

Це найдовший і найважливіший етап циклу. Популяцію кристалів у затравці слід збільшувати, оскільки сахароза в розчині мігрує до їх поверхонь в процесі кристалізації цукру.

Перенасичення має тенденцію до зменшення, оскільки домішки накопичуються в розчині, тому стандартний розчин слід вводити контрольованим способом, щоб додати розчинену сахарозу, необхідну для компенсації цього ефекту.

Кількість сиропу, який потрібно ввести, залежатиме від швидкості випаровування та чистоти, яка зараз є у вакуумному кристалізаторі. За відсутності оцінки перенасичення в реальному масштабі часу, стадія проводиться шляхом встановлення кривої утфелю.

Крива утфелю дає у кожен момент проходження процесу загальну масову концентрацію, яку необхідно забезпечити для отримання правильного перенасичення. Слід зазначити, що показник радіочастотного датчика враховує не тільки розчинені речовини, але також масу зростаючих кристалів.

Рівень маси в камері вакуумного кристалізатора, який зростає від рівня початкового завантаженого до повної місткості вакуумного кристалізатора, використовується як міра процесу кристалізації.

Таким чином, витрата живильного сиропу регулюється на етапі, де контрольне значення для масової концентрації задано кривою утфеля, яка повинна бути скоригована оператором для відображення змін стандартної чистоти сиропу.

Значне зниження коефіцієнта теплопередачі в теплообміннику, яке відбувається в міру підвищення рівня маси, деякою мірою компенсується зміною заданих значень у каландрі та камерних регуляторів тиску пари.

5. Підвищення густини утфелю.

Мета підвищення густини утфелю полягає в тому, щоб підвищити консистенцію утфелю під час підготовки до вивантаження. Подальшого введення сиропу не відбувається, але випаровування триває, доки інтенсивність споживання електроенергії двигуном мішалки не досягне

заданого значення. Для прискорення процесу підвищується задане значення регулятора тиску каландрі.

6. Вивантаження.

В процесі вивантажування клапан нагрівальної пари закривається і вакуум порушується в камері шляхом відкриття очисного клапана. Коли тиск досягає відповідного високого значення, випускні клапани відкриваються.

7. Очищення вакуумного кристалізатора.

Очисний клапан залишається відкритим із закритими випускними клапанами, щоб видалити залишки утфелю, які забруднили внутрішні стінки вакуумного кристалізатора.

На рисунку 3.3 показано графік залежності рівня заповнення вакуумного кристалізатора в продовж одного циклу кристалізації. На рисунку 3.4 показано графік залежності концентрації маси кристалів в продовж одного циклу кристалізації.

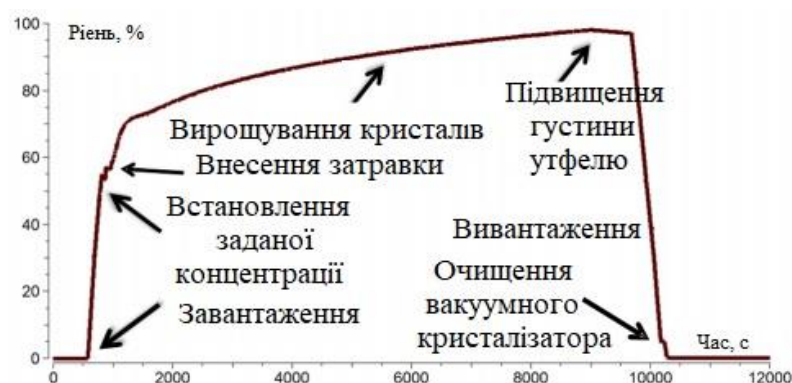


Рисунок 3.3 - Графік залежності рівня заповнення вакуумного кристалізатора в продовж одного циклу кристалізації

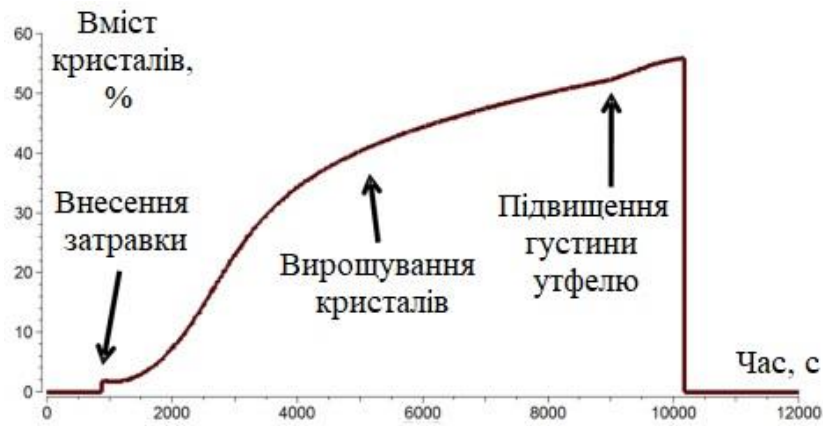


Рисунок 3.4 - Графік залежності концентрації маси кристалів в продовж одного циклу кристалізації

3.3 Розробка людино-машинного інтерфейсу системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором

Розробку людино-машинного інтерфейсу системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором виконаємо у SCADA PROMOTIC. PROMOTIC – це програмний продукт чеської компанії MICROSYS. PROMOTIC – це комплексний об’єктний програмний засіб для створення додатків, що здійснюють моніторинг, контроль та відображення технологічних процесів у різних сферах промисловості.

Відкритість програми та її адаптація до вимог користувача дозволяє використовувати практично в будь-якій промисловій сфері, наприклад:

- енергетика – електростанції, підстанції;
- металургія – печі, прокатні стани;
- хімічна промисловість, нафтохімічна промисловість;

- харчова промисловість – пивоварні, цукрові заводи.

Редактор додатків (рисунок 3.5) є інструментом для створення додатку в системі PROMOTIC. Це базове вікно, з яким користувач зіткнеться під час створення програми.

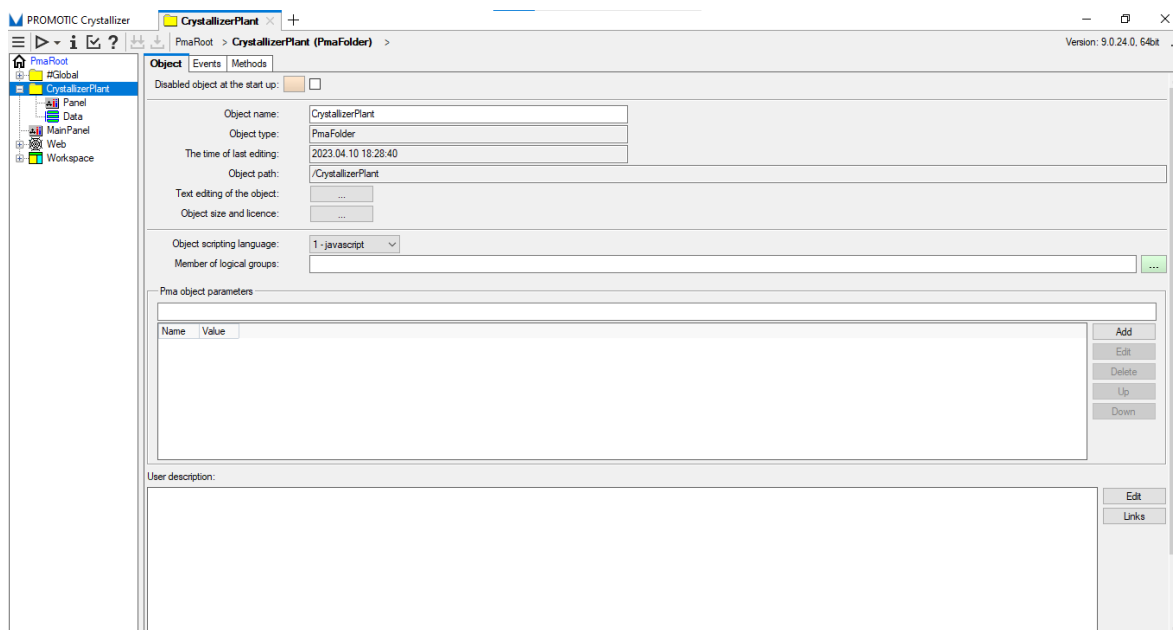


Рисунок 3.5 - Редактор додатків для створення додатку CrystallizerPlant (Вакуумний кристалізатор) в системі PROMOTIC

Ліворуч відображається деревовидна структура об'єктів PROMOTIC «Вікно дерева об'єктів», починаючи з кореневого об'єкта PmRoot. Додаючи об'єкти зі списку, створюється ціле дерево додатків, де можна вибрати все необхідне для належного функціонування, наприклад зв'язок, таблиці для змінних кількостей, налаштування сигналів тривоги або вставлення тенденцій.

З правого боку відображається відкрите вікно об'єкта «Вікно визначення об'єкта», де ми редагуємо окремі властивості, визначаємо алгоритми та функціональність. Події записуються у VBScript із синтаксисом Visual Basic і JavaScript, де ми можемо отримати доступ до окремих змінних, методів або інших об'єктів, які можна зв'язати.

Редактор зображень (рисунок 3.6) - це компонент, призначений для оформлення графічної частини зображень програми. Існує багато попередньо визначених елементів на вибір у великих бібліотеках, таких як кнопки, зображення, GIF-анімація, елементи вимірювання та відображення, таблиці, елементи ActiveX тощо.

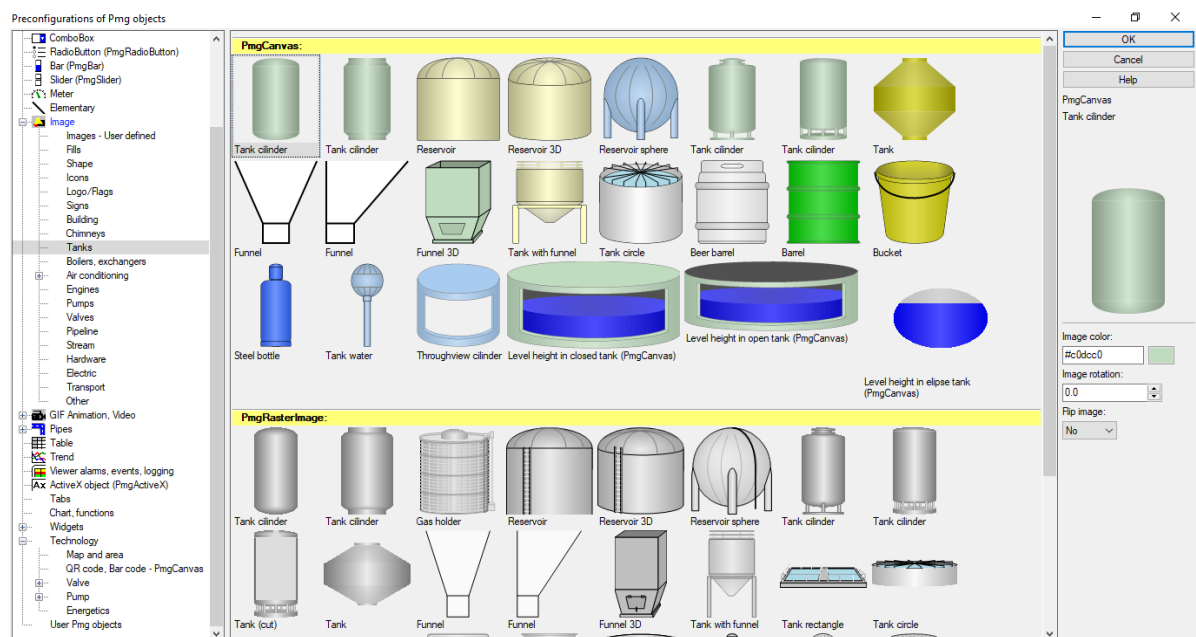


Рисунок 3.6 - Редактор зображень для створення графічного вигляду вакуумного кристалізатора в системі PROMOTIC

Для зв'язку між пристроєм Seedmaster SM-3 і людино-машинним інтерфейсом системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором використаємо маршрутизатор eWON 4005CD від компанії eWON (Бельгія), який зображено на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 - Маршрутизатор eWON 4005CD від компанії eWON (Бельгія)

Маршрутизатор eWON 4005CD підтримує низку протоколів із попередньо налаштованими конфігураціями для різних виробників ПЛК. Маршрутизатор може бути підключений до ПЛК, наприклад, через послідовний порт за допомогою протоколу PROFIBUS, MPI, PPI тощо або через порт Ethernet за допомогою протоколу TCP/IP.

Створені змінні, що відображаються в процесі візуалізації людино-машинного інтерфейсу системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором, необхідно передати на маршрутизатор eWON 4005CD, який збирає значення з пристроєм Seedmaster SM-3. Для цього зв'язку було обрано протокол Modbus.

У редакторі додатків у вкладці «зв'язок» було обрано протокол Modbus і в ньому вибрали об'єкт PmModbusMr (рисунок 3.9).

The screenshot shows the 'PmModbusMr - Sestava komunikace s daty a obrazem pro neuve...' configuration window. The 'Název vytvářeného objektu' field is set to 'CommModbus'. The 'Typ komunikace' is 'Síťová TCP/IP komunikace'. The 'Síťová adresa' is '192.168.1.254'. The 'Uzavřít spojení po každém přenosu' checkbox is unchecked. The 'Obnovovací perioda komunikace [ms]' is '1000'. The 'Přednastavená adresa PLC' is '1'. Under 'Bázevé adresy oblastí', 'Bo = Coil/output bits', 'Bi = Input bits', 'Ro = Holding/output registers', and 'Ri = Input registers' are all set to '0'. Under 'Max počet proměnných přijatých v jedné zprávě', 'Bo = Coil/output bits' and 'Bi = Input bits' are '64', 'Ro = Holding/output registers' is '32', and 'Ri = Input registers' is '32'. Under 'Příklady testovacích dat', 'Počet digitálních výstupů (Bo)', 'Počet digitálních vstupů (Bi)', 'Počet analogových výstupů (Ro)', and 'Počet analogových vstupů (Ri)' are all '2'. The 'Vytvořit obraz "Přijímaná data"' checkbox is checked, with the name 'Modbus - Přijímaná data'. The 'Povolit jako Web komponentu' checkbox is unchecked.

Рисунок 3.9 - Налаштування протоколу Modbus

Було обрано тип зв'язку - мережевий зв'язок TCP IP. Було введено IP-адресу маршрутизатор eWON 4005CD, з яким будемо спілкуватися.

Ми додали шлях до заданого об'єкта до цільового об'єкта і, нарешті, індекс, який ми вибрали в зв'язку Modbus, тип даних і область змінної.

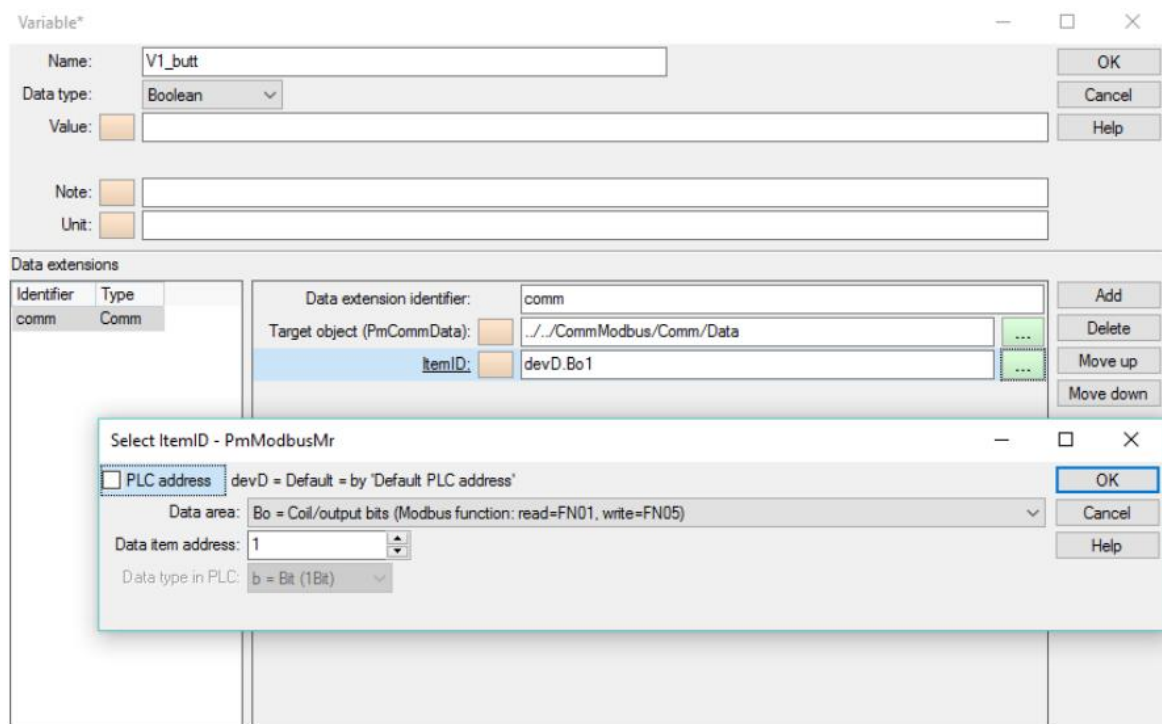


Рисунок 3.11 - Додавання зв'язку до змінних

В процесі розробки людино-машинного інтерфейсу системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором потрібно просто і зрозуміло показати складний процес кристалізації цукру. Це означає, що екран не переповнений описами, таблицями та графіками, а до них можна легко дістатися.

Як було зазначено раніше, система PROMOTIC має інтегрований WEB-сервер, який дозволяє дистанційно переглядати програму за допомогою Інтернет-браузерів. Людино-машинний інтерфейс системи

автоматичного керування вакуумним кристалізатором зображено на рисунку 3.12.

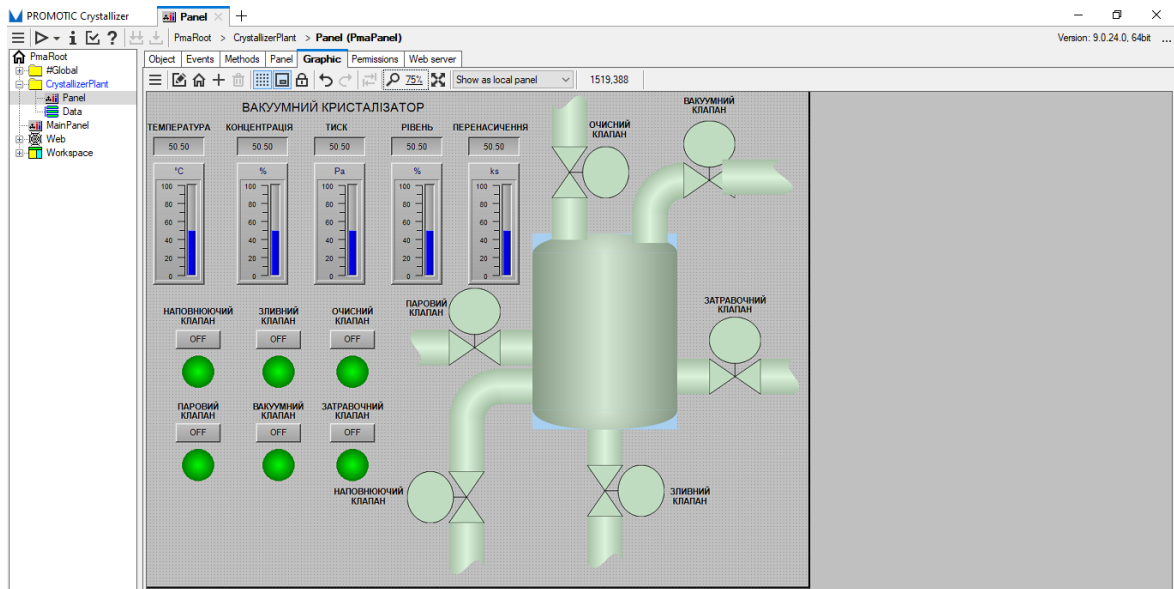


Рисунок 3.12 - Людино-машинний інтерфейс системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором

Змінні, які можна зчитати, є тими самими, що зазвичай сприймаються на справжньому заводі, а саме:

- рівні всіх випарників, вакуумних чаш і баків;
- температури всіх випарників, вакуумних чаш і баків;
- Брікс усіх залучених сиропів;
- еволюція Брікс утфелю в кожному вакуумному кристалізаторі;
- чистота використовуваних сиропів;
- значення всіх задіяних тисків: у камерах випарників і вакуумних піддонів і в теплообмінниках.

Запропоновану проблему можна розглядати на кількох рівнях. У більш простому підході кристалізатори можна вважати достатньо добре

контрольованими, а координатор у масштабах заводу повинен бути просто стурбований гарантією наявності пари і сироп за потребою.

Третя мета - відповідати вимогам якості цукрового продукту - вважатиметься такою, що автоматично виконується програмою кристалізатора, якщо задовольняється потреба в парі.

Але також можлива більш складна стратегія, яка стосується безпосередньо контролю кожного кристалізатора. Це означало б обробку значень кривої Брікс проти рівня, заданих значень для тиску каландрії та камери, серед інших деталей.

Звичайно, цей інший підхід, безумовно, міг би досягти більш ефективного рішення, але також передбачав би більшу відповідальність щодо якості кінцевого продукту.

Уставки регуляторів тиску нагріву каландрії та розрідження в камері впливають на тривалість удару. Тому було б правомірно розглянути можливість їх використання посилення як додаткові ступені свободи для досягнення загальнозаводських цілей.

Слід мати на увазі, однак, що непомірне використання такого типу прискорення є якимось чином штучним і обмежене чистотою кормового розчину, тому його слід виконувати з обережністю. Необгрунтоване збільшення тиску каландрії означав би надмірне збільшення перенасичення.

Причина полягає в тому, що оскільки кінетика кристалізації в основному не змінюється, існуюча агрегована кристалічна площа популяції цукру не досягла значення, яке могло б підтримувати швидкість кристалізації, здатну компенсувати новий ритм випаровування води. Як наслідок, перенасичення потрапляє всередину де лабільної області з наступною шкодою для якості продукту: ширша та менша популяція середнього розміру.

Само собою зрозуміло, що новий заданий тиск, який необхідно встановити, також залежатиме від наявності пари з секції випаровування.

Тест дає відповідну платформу для тестування багатьох інших типів цікавих програм, наприклад, гібридної ідентифікації дискретних безперервних одиниць або явного врахування невизначеності шляхом вбудовування процедури чисельної оптимізації в стохастичну структуру.

3.4 Висновки до третього розділу

1. Вакуумний кристалізатор сконструйований у вигляді циліндра з однаковими діаметром і висотою. У нижній частині розташований плаваючий теплообмінник типу каландра. Маса циркулює всередині труб і центрального водовідводу, а нагрівальна пара йде всередину оболонки.

2. Вакуумний кристалізатор забезпечений необхідними клапанами для регулювання надходження нагрівальної пари в каландр, подачі сиропу в камеру та затравкової магми, що містить початкову популяцію кристалів.

3. У вакуумному кристалізаторі присутні клапани, які дозволяють випустити масу в кінці процесу кристалізації та контролюють вихід пари, що випаровується, з камери в конденсатор. Також є очисний клапан для подачі пари після відкачування продукту з метою видалення слідів утфелю.

4. Кожний цикл роботи періодичного вакуумного кристалізатора відповідає рецептурі, реалізованій послідовною програмою.

Перенасичення має тенденцію до зменшення, оскільки домішки накопичуються в розчині, тому стандартний розчин слід вводити контрольованим способом, щоб додати розчинену сахарозу, необхідну для компенсації цього ефекту.

5. В процесі розробки людино-машинного інтерфейсу системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором потрібно просто і зрозуміло показати складний процес кристалізації цукру. Це означає, що екран не переповнений описами, таблицями та графіками, а до них можна легко дістатися.

6. Для зв'язку між пристроєм Seedmaster SM-3 і людино-машинним інтерфейсом системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором використаємо маршрутизатор eWON 4005CD від компанії eWON (Бельгія).

7. Система PROMOTIC має інтегрований WEB-сервер, який дозволяє дистанційно переглядати програму за допомогою Інтернет-браузерів.

ВИСНОВКИ

В процесі розробки автоматизованої системи керування виробництвом цукру в якості пристрою програмного керування вибрано прилад Seedmaster 3. Прилад Seedmaster 3 визначає параметри, які необхідні для керування процесом кристалізації цукру.

В першому розділі були розглянуті наступні питання: особливості процесу безперервної кристалізації цукру, обладнання та виробничі лінії для впровадження процесу безперервної кристалізації цукру.

У другому розділі розроблено структурну схему автоматизованої системи керування процесом кристалізації цукру в серійних варильних апаратах, яка складається з ПІД регулятора концентрації клапана подачі пари, ПІД регулятора перенасичення, ПІД регулятора концентрації сиропу, ПІД регулятора абсолютного тиску та ПІД регулятора рівня сиропу. Виконано вибір обладнання для автоматизованої системи керування процесом кристалізації цукру в серійних варильних апаратах.

У третьому розділі розроблено структурну схему контуру регулювання вакуумним кристалізатором. Кожний цикл роботи періодичного вакуумного кристалізатора відповідає рецептурі, реалізованій послідовною програмою, основні етапи якої наступні.

Для зв'язку між пристроєм Seedmaster SM-3 і людино-машинним інтерфейсом системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором використано маршрутизатор eWON 4005CD від компанії eWON (Бельгія).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

- 1 Трегуб В. Г. Проектування систем автоматизації : навч. посібник / В. Г. Трегуб. – Київ: Ліра-К, 2014. – 342 с.
- 2 Олянська С.П. Технологія цукрового виробництва: курс лекцій. – Київ: Національний університет харчових технологій, 2015. – 73 с.
- 3 Технологія цукру: підручник у 3-х т. / А.А. Ліпец, В.М. Логвін. К.Д. Скорик, А.І. Українець, М.П. Купчик – К.: ДП «Експрес-об'ява», 2015. Т.1: Вирощування та зберігання цукрових буряків. Видобування сахарози / А.А. Ліпец, В.М. Логвін, К.Д. Скорик, А.І. Українець, М.П. Купчик. – ДП «Експрес-об'ява». 2015. – 288 с.
- 4 Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції цукровиків України – Перспективи розвитку цукрової промисловості України. – К.: НУХТ, 2019. – 135 с.
- 5 Данилишин М.С. Стан бурякоцукрової галузі України та шляхи його удосконалення / М.С. Данилишин // Ефективна економіка. – 2015. – №11.
- 6 Оперативно-статистичні матеріали цукровиків України Бурякоцукровий комплекс України – К: – Цукор України, 2015. – 201 с.
- 7 Dorf R.C., Bishop R.H. Modern Control Systems. 13th edition. – New York: Pearson, 2017. – 1106 p.
- 8 Okuyama Y. Discrete Control Systems. Springer, 2014. – 251 p.
- 9 Golnaraghi F., Kuo B. Automatic Control Systems Tenth Edition. – McGraw-Hill Education, 2017. – 1160 p.
- 10 Автоматизація виробничих процесів: Підручник. / І.В Ельперін,

О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. – К. Видавництво Ліра-К, 2015 – 300 с.

11 Rozsa L., Rozsa J., Kilpinen S.: Crystal growth and crystallization control tactics in industrial sugar crystallizers. Part 1. Crystal growth International Sugar Journal, Oct. 2016.

12 Rozsa L., Rozsa J., Kilpinen S.: Crystal growth and crystallization control tactics in industrial sugar crystallizers Part 2. Control tactics International Sugar Journal, Sept. 2017.

13 Rozsa L., Rozsa J., Kilpinen S.: Crystal growth and crystallization control tactics in industrial sugar crystallizers Part 3. Control tactics (continued) International Sugar Journal, Oct. 2017.

14 Ладанюк А.П. 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.

15 Штангеев К.О. Випарні установки та теплові схеми цукрових заводів. – Київ, 2015. – 57 с.

16 George S. Kyatanavar D. Optimization of Evaporation Process in Sugar Industry for Developing Intelligent Control Strategies // International Journal of Modern Trends in Engineering and Research. 2015. №7 – С. 998-1004.

17 Самсоненко Д.В. ІОТ В Автоматизації цукрового виробництва / Д.В. Самсоненко. // Буковинська економічна фундація. – 2018. – С. 13–16.

18 Самсоненко Д.В. Міжнародні стандарти автоматизації у цукровому виробництві / Д.В. Самсоненко // Буковинська економічна фундація. – 2018. – С. 10–13.

19 Bapat, S. M., Majali, V. S., & Ravindranath, G. Exergetic evaluation and comparison of quintuple effect evaporation units in Indian sugar industries. *International Journal of Energy Research*, 2013, 1415–1427.

20 Bubnik, Z., Kadlec, P., Urban, D., & Bruhns, M. *Sugar technologists manual* (8th ed.). Berlin: Verlag, 1995.

21 Chantasiriwan, S. Optimum surface area distribution in co-current multiple-effect evaporator. *Journal of Food Engineering*, 2015, p.48–54.

22 Chantasiriwan, S. Optimum imbibition for cogeneration in sugar factories. *Applied Thermal Engineering*, 2016, p. 1031–1038.

23 Ensinas, A. V., Nebra, S. A., Lozano, M. A., & Serra, L. Design of evaporation systems and heaters networks in sugar cane factories using a thermoeconomic optimization procedure. *International Journal of Thermophysics*, 2007, p. 97–105.

24 Galvan-Angeles, E., Diaz-Ovalle, C. O., Gonzales-Alatorre, G., CastrejonGonzales, E. O., & Vazques-Roman, R. (). Effect of thermocompression on the design and performance of falling-film multieffect evaporator. *Food and Bioproducts Processing*, 2015, p. 65–77.

25 Jyoti, G., & Khanam, S. Simulation of heat integrated multiple effect evaporator system. *International Journal of Thermal Sciences*, 2014, p. 110–117.

26 Khanam, S., & Mohanty, B. Placement of condensate flash tanks in multiple effect evaporator system. *Desalination*, 2010, p. 64–71.

27 Pacheco, C. R. F., & Frioni, L. S. M. Experimental results for evaporation of sucrose solution using a climbing/falling film evaporator. *Journal of Food Engineering*, 2004, p. 471–480.

28 Peacock, S. D., & Love, D. J. Clear juice heaters—Do we need them? Proceedings of the South African Sugar Technologists Association, 2003, p. 452–462.

29 Piacentino, A., & Cardona, E. (). Advanced energetics of a MultipleEffects-Evaporation (MEE) desalination plant. Part II: Potential of the cost formation process and prospects for energy saving by process integration. Desalination, 2010, p. 44–52.

30 Azevedo, S.F., Choraó, J., Goncalves and M.J., Bento., L.S.M., ‘Monitoring crystallization, Part II’, International Sugar Journal, 1994, p. 18-26.

31 Belhami, R. and Mathlouti, M. ‘The effect of impurities on sucrose crystal shape and growth’, Current Topics in Crystal Growth Research, 2004, p. 63-70.

32 Chen, J.C.P. and Chou, C.C. Cane sugar handbook, 12th Edition, J. Wiley & Sons Inc. 1993.

33 Georgieva, P., Meireles, M.J. and Azevedo, S.F. ‘Knowledgebased hybrid modeling of batch crystallization when accounting for nucleation, growth and agglomeration phenomena’, Chemical Engineering Science, 2003, p. 3699-3713.

34 Heffels, S.K., de Jong, E.J. and Sinke, D.J. ‘Growth rate of small crystals at 70°C’, Zuckerindustrie, 1987, 112 p.

35 T. H. Morris, B. A. Jones, R. B. Vaughn, and Y. S. Dandass. Deterministic intrusion detection rules for modbus protocols. In 2013 46th Hawaii International Conference on System Sciences, pages 1773–1781. IEEE, 2013.

36 M. Niedermaier, T. Hanka, S. Plaga, A. von Bodisco, and D. Merli. Efficient passive ics device discovery and identification by mac address correlation. arXiv preprint arXiv:1904.04271, 2019.

37 K. Peffers, T. Tuunanen, M. A. Rothenberger, and S. Chatterjee. A design science research methodology for information systems research. Journal of management information systems, 24(3):45–77, 2007.

38 PROMOTIC. Scada visualization software. <https://www.promotic.eu/en/index.htm>.

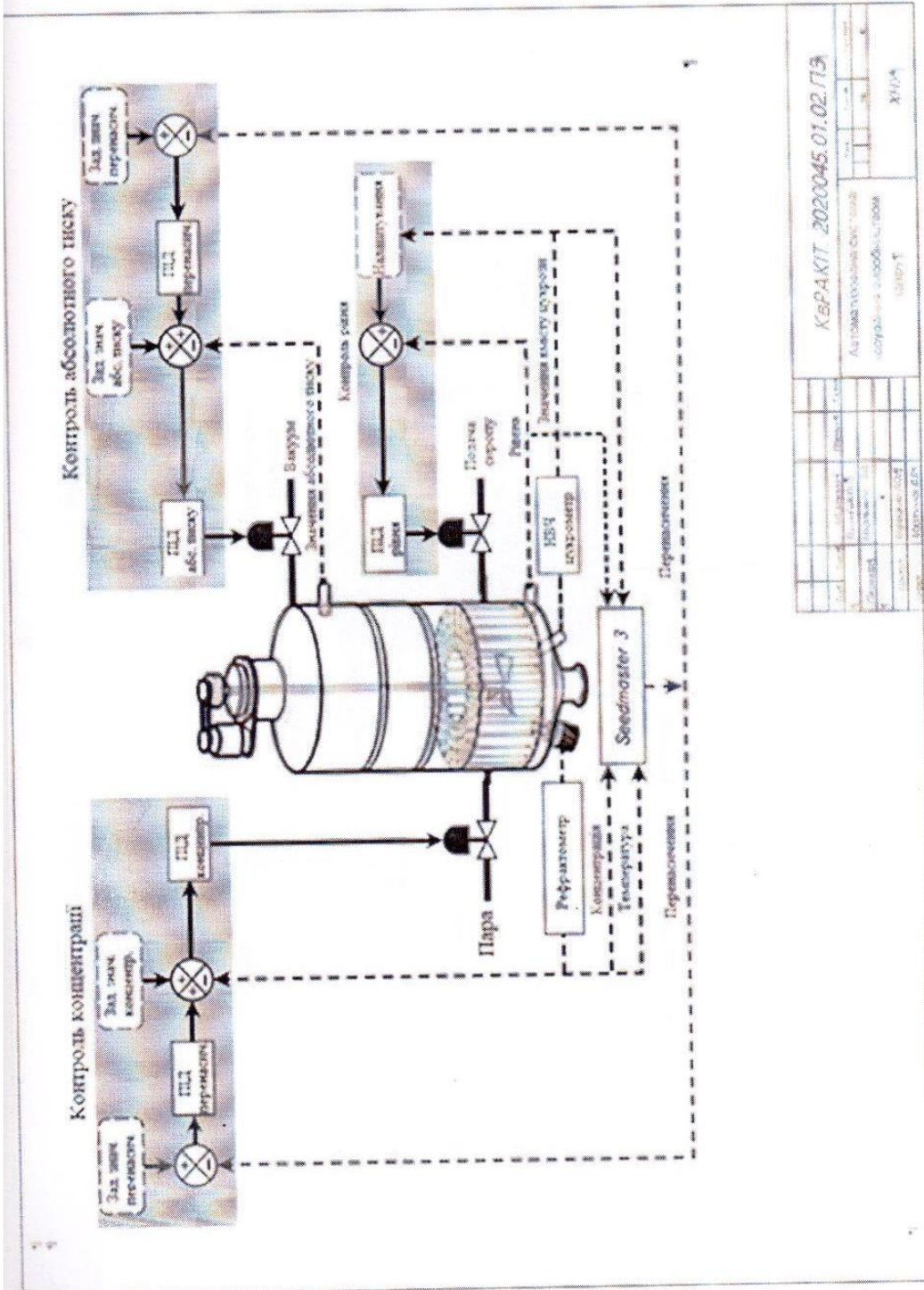
39 Q. Qassim, N. Jamil, I. Z. Abidin, M. E. Rusli, S. Yussof, R. Ismail, F. Abdullah, N. Ja'afar, H. C. Hasan, and M. Daud. A survey of scada testbed implementation approaches. Indian Journal of Science and Technology, 10(26):1–8, 2017.

40 R. J. Wieringa. Design science methodology for information systems and software engineering. Springer, 2014.

ДОДАТКИ

Додаток А

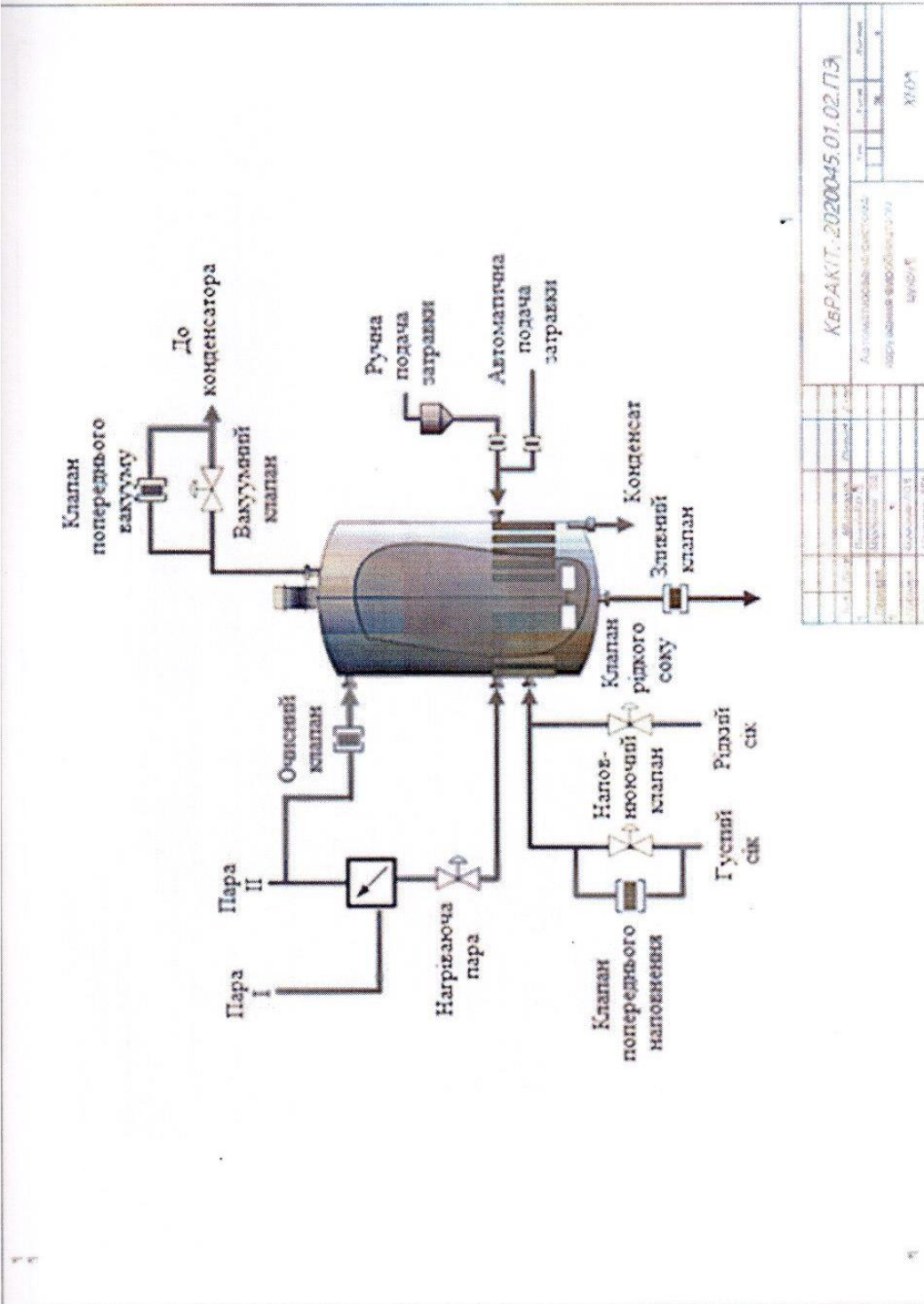
структурна схема автоматизованої системи керування процесом кристалізації цукру в серійних варильних апаратах



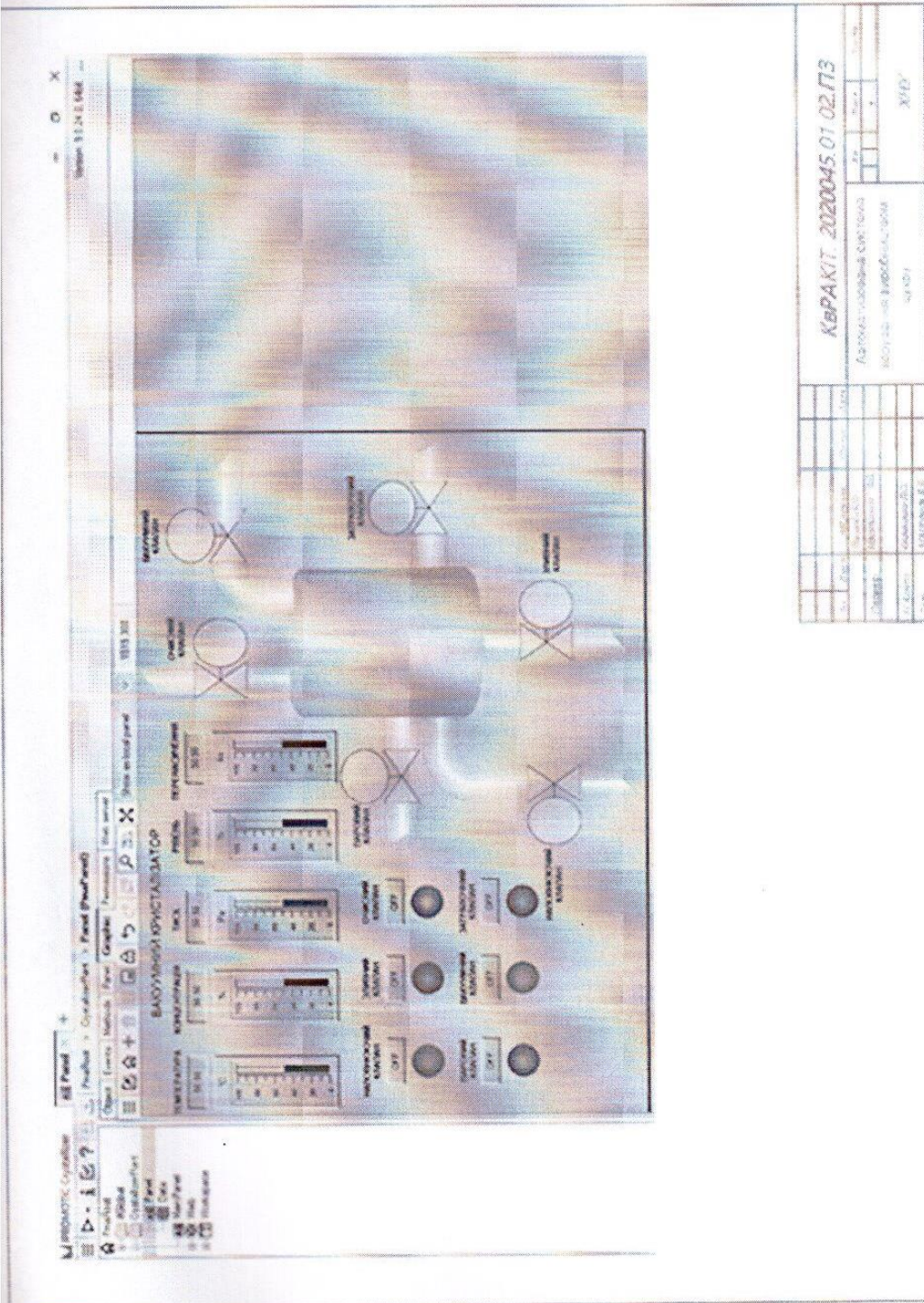
КАРАКІТ 2020045.01.02.П13	
Автоматизована система управління кристалізацією цукру	
№ документа	КІП
Дата виходу	2020.04.15
Відомості про виконавця	ІНТЕЛІ
Відомості про замовника	ІНТЕЛІ
Відомості про об'єкт	ІНТЕЛІ
Відомості про місце	ІНТЕЛІ
Відомості про склад	ІНТЕЛІ
Відомості про матеріал	ІНТЕЛІ
Відомості про кількість	ІНТЕЛІ
Відомості про ціну	ІНТЕЛІ
Відомості про податки	ІНТЕЛІ
Відомості про інші умови	ІНТЕЛІ

Додаток Б

Структурна схема контуру регулювання вакуумним кристалізатором



Додаток В
 Людино-машинний інтерфейс системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором



КВРАКІТ. 2020045.01.02.ПЗ		ХВЕУ
Людсько-машинний інтерфейс системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором		
№	Дата	Відкрито
1	2020.04.15	1
2	2020.04.15	1
3	2020.04.15	1
4	2020.04.15	1
5	2020.04.15	1
6	2020.04.15	1
7	2020.04.15	1
8	2020.04.15	1
9	2020.04.15	1
10	2020.04.15	1
11	2020.04.15	1
12	2020.04.15	1
13	2020.04.15	1
14	2020.04.15	1
15	2020.04.15	1
16	2020.04.15	1
17	2020.04.15	1
18	2020.04.15	1
19	2020.04.15	1
20	2020.04.15	1
21	2020.04.15	1
22	2020.04.15	1
23	2020.04.15	1
24	2020.04.15	1
25	2020.04.15	1
26	2020.04.15	1
27	2020.04.15	1
28	2020.04.15	1
29	2020.04.15	1
30	2020.04.15	1
31	2020.04.15	1
32	2020.04.15	1
33	2020.04.15	1
34	2020.04.15	1
35	2020.04.15	1
36	2020.04.15	1
37	2020.04.15	1
38	2020.04.15	1
39	2020.04.15	1
40	2020.04.15	1
41	2020.04.15	1
42	2020.04.15	1
43	2020.04.15	1
44	2020.04.15	1
45	2020.04.15	1
46	2020.04.15	1
47	2020.04.15	1
48	2020.04.15	1
49	2020.04.15	1
50	2020.04.15	1
51	2020.04.15	1
52	2020.04.15	1
53	2020.04.15	1
54	2020.04.15	1
55	2020.04.15	1
56	2020.04.15	1
57	2020.04.15	1
58	2020.04.15	1
59	2020.04.15	1
60	2020.04.15	1
61	2020.04.15	1
62	2020.04.15	1
63	2020.04.15	1
64	2020.04.15	1
65	2020.04.15	1
66	2020.04.15	1
67	2020.04.15	1
68	2020.04.15	1
69	2020.04.15	1
70	2020.04.15	1
71	2020.04.15	1
72	2020.04.15	1
73	2020.04.15	1
74	2020.04.15	1
75	2020.04.15	1
76	2020.04.15	1
77	2020.04.15	1
78	2020.04.15	1
79	2020.04.15	1
80	2020.04.15	1
81	2020.04.15	1
82	2020.04.15	1
83	2020.04.15	1
84	2020.04.15	1
85	2020.04.15	1
86	2020.04.15	1
87	2020.04.15	1
88	2020.04.15	1
89	2020.04.15	1
90	2020.04.15	1
91	2020.04.15	1
92	2020.04.15	1
93	2020.04.15	1
94	2020.04.15	1
95	2020.04.15	1
96	2020.04.15	1
97	2020.04.15	1
98	2020.04.15	1
99	2020.04.15	1
100	2020.04.15	1

Ім'я користувача:
Кафедра АКІТІТК

ID перевірки:
1015679904

Дата перевірки:
22.06.2023 22:55:23 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
22.06.2023 23:01:57 EEST

ID користувача:
100005862

Назва документа: Podoba

Кількість сторінок: 64 Кількість слів: 9983 Кількість символів: 78377 Розмір файлу: 1.91 MB ID файлу: 1015324238

496 слів позначені як "вилучені" та не враховуються у підрахунку слів

4.14% Схожість

Найбільша схожість: 3.12% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1015322128)

1.83% Джерела з Інтернету 59 Сторінка 66

3.49% Джерела з Бібліотеки 9 Сторінка 66

0% Цитат

Цитати 1 Сторінка 67

Посилання 1 Сторінка 67

0% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 8 слів та 0%)

Немає вилучених Інтернет-джерел

0% Вилученого тексту з Бібліотеки 1 Сторінка 67

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 24

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 3.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 9%

ID: 117820 Назва: БКР Автоматизована система керування виробництвом цукру Додано в БД: 2023-06-22 Автора: Костянтин ПОДОБА Керівники: Валерій МАРТИНЮК Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	62735	538	2614 (4%)	39 (7%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Подоба Костянтин Олександрович

Тема: Автоматизована система керування виробництвом цукру

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 61

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: розроблено автоматизовану систему керування виробництвом цукру, розроблено SCADA автоматизованої системи керування виробництвом цукру

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі кваліфікаційної роботи наведено основні технічні характеристики автоматизованих систем керування виробництвом цукру, проаналізовано існуючі типи автоматизованих систем керування виробництвом цукру та встановлено їх основні переваги та недоліки. У другому розділі проведено аналіз вимог технічного завдання на розробку автоматизованої системи керування виробництвом цукру, розроблено структуру автоматизованої системи керування виробництвом цукру, розглянуто особливості програмного керування приладу Seedmaster 3. У третьому розділі розроблено людино-машинний інтерфейс системи автоматичного керування вакуумним кристалізатором, розроблена структурна схема контуру регулювання вакуумним кристалізатором.

4. Позитивні сторони роботи: Кожний цикл роботи періодичного вакуумного кристалізатора відповідає рецептурі, реалізованій послідовною програмою.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється огляду існуючих технічних рішень

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.


8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (3,50/D)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Жиймак Дмитрій Станіславович, к.т.н., доцент кафедри машин і агрегатів, електроапаратів та енергетичних систем ХНУ

“ ” 2023 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Подоба К.О.

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курсу, групи АКІТс-20-1

ЗАЯВА

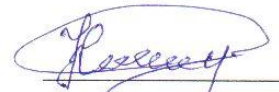
З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

06.06.2023

дата



підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизована система керування виробництвом цукру
Автор: Подоба Костянтин Олександрович
Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Науковий керівник: Мартинюк Валерій Володимирович, доктор технічних наук, дпрофесор
Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 4,13% і адресується до 68 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Дата 22.06.2023р.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Валерій МАРТИНЮК