

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) автоматизації і комп'ютерних систем  
Кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління**

**«До захисту в ЕК»**  
Директор інституту(декан факультету)  
\_\_\_\_\_ Андрій ФОРСЮК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**«До захисту допущено»**  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Ярослав СМІТЮХ  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління

на тему: Розроблення системи керування продуктивним відділенням цукрового заводу з підсистемою звітності на базі стандартів керування порційним виробництвом

Виконав: здобувач 2 курсу, групи 1

\_\_\_\_\_ Квотченко Дмитро Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Пупена Олександр Миколайович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент Васюта О.О  
(ім'я та прізвище) \_\_\_\_\_ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ - 20\_\_ р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем  
Кафедра Автоматизації і комп'ютерних технологій систем управління  
Освітній ступінь Магістр  
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Ярослав Смітюх

“ ” 20 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Квотченка Дмитра Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення системи керування продуктивним відділенням цукрового заводу з підсистемою звітності на базі стандартів керування порційним виробництвом

керівник роботи Пупена Олександр Миколайович – доцент, к.т.н,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 7 ” 10 2024 року №884-кс

2. Строк подання здобувачем роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи Робоче завдання, методичні рекомендації, результати переддипломної практики

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_  
Анотація. Зміст. Розділ 1. Аналітичний огляд літератури та мета магістерської роботи. Розділ 2. Загальносистемні рішення. Розділ 3. Розробка підсистеми управління технологічним процесом. Розділ 4. Індивідуальне завдання. Висновки. Література.

5. Перелік графічного матеріалу \_\_\_\_\_

Схема автоматизації, схема функціональної структури, структурна схема, схема інформаційної структури



## **Анотація**

Впровадження автоматизованих систем звітності на зміну ручній звітності у виробництві цукру спрямоване на підвищення ефективності управління процесами. Завдяки таким звітам можна оптимізувати використання ресурсів, контролювати ключові етапи виробництва та зменшувати втрати на кожному з них. Це дозволяє досягати стабільно високої якості готового продукту та покращувати загальну продуктивність підприємства.

Впровадження таких систем забезпечує точність збору даних, зменшує ймовірність помилок і дає можливість оперативно аналізувати стан технологічних процесів. Завдяки автоматизації звітів можна швидко виявляти проблемні ділянки виробництва, розробляти заходи для їх усунення та оптимізувати роботу підприємства загалом.

Складання форм звітності базується на фактичних даних ручної звітності та ключових показниках для виробництва, отриманих з вимірювальних приладів.

У цій кваліфікаційній роботі розглядається модернізація типової системи керування вакуум-апаратом для можливості отримання більш точної інформації в звітності та з виключенням людського фактору.

Автоматизована звітність є перспективним рішенням проблеми на цукрових заводах, оскільки це дозволить покращити виробництво цукру а також відслідковувати стан проходження процесів.

## **Abstract**

Implementation of automated reporting systems to replace manual reporting in sugar production is aimed at improving the efficiency of process management. Thanks to such reports can optimize the use of resources, control key stages of of production and reduce losses at each stage. This helps to achieve consistently high quality of the finished product and improve the overall productivity of the enterprise.

The implementation of such systems ensures the accuracy of data collection, reduces the likelihood of errors, and makes it possible to quickly analyze the state of technological processes. Thanks to the automation of reports, you can quickly identify problem areas of production, develop measures to eliminate them, and optimize the overall operation of the enterprise.

Reporting forms are based on actual manual reporting data and key production indicators obtained from measuring devices.

In this qualification work, we consider the modernization of a typical vacuum apparatus control system to provide more accurate information in reporting and to eliminate the human factor.

Automated reporting is a promising solution to the problem in sugar factories, as it will improve sugar production and monitor the status of the processes.

## ЗМІСТ

<b>Розділ 1. Аналітичний огляд літератури та мета магістерської роботи .....</b>	<b>7</b>
1.1. Аналіз технологічного об'єкту автоматизації та підсистеми звітності.....	7
1.2. Аналіз існуючих АСК технологічним об'єктом .....	12
1.3. Постанова задачі роботи.....	19
<b>Розділ 2. Загальносистемні рішення.....</b>	<b>20</b>
2.1. Загальний опис об'єкту та системи .....	20
2.2 Розробка загальної моделі ієрархії обладнання .....	21
<b>Розділ 3. Розробка підсистеми управління технологічним процесом.....</b>	<b>24</b>
3.1. Схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня .....	24
3.2 Схема компонування та специфікація ПЛК, опис програми управління ...	28
<b>Розділ 4. Індивідуальне завдання.....</b>	<b>34</b>
4.1 Підсистема звітності на базі стандартів керування порційним виробництвом .....	34
<b>Висновки .....</b>	<b>40</b>
<b>Список використаної літератури.....</b>	<b>41</b>

## **Розділ 1. Аналітичний огляд літератури та мета магістерської роботи**

### **1.1 Аналіз технологічного об'єкту автоматизації та підсистеми звітності**

Вакуум-апарати використовуються на цукрових заводах для варіння утфелів першого, другого і третього продуктів. Утфель – це важливий напівпродукт на завершальній стадії цукрового виробництва, що складається з кристалів цукру та міжкристальної рідини. Під час фугування утфелю міжкристальна рідина відтікає, утворюючи патоку.

Вакуум-апарат складається з вертикального циліндричного корпусу з конічною верхньою частиною, всередині якого розташована трубчаста парова камера з центральною циркуляційною трубою. Днище апарату має блюдцеподібну форму та оснащено механічним шестилопатевим циркулятором, який приводиться в дію мотор-редуктором з електроприводом, розташованим на верхній частині пастки-сепаратора. Безфланцеве виконання корпусу забезпечує підтримку необхідного вакууму під час роботи. Сироп та відтіки, що надходять для уварювання, подаються в кільцевий колектор у днищі апарату та потрапляють у утфельний простір. В нижній частині днища встановлений пристрій для вивантаження увареного утфелю. Парова камера має патрубки для підведення пари в міжтрубний простір, відведення неконденсованих газів (через аміачну відтяжку) та для відведення конденсату.

Процес уварювання утфелю складається з чотирьох етапів:

- 1. Згущення сиропу до утворення кристалів.** Сироп випарюється під розрідженням при температурі 68-70°C, що мінімізує розклад цукрози і прискорює випаровування води. При досягненні концентрації 80-82% сухих речовин температура підвищується до 72-73°C.
- 2. Формування кристалів цукру.** Коли коефіцієнт пересичення досягає 1,2-1,3 і система стає нестабільною, вводять центри кристалізації через пробний

кран, підвищуючи температуру. Якість цукру залежить від кількості центрів кристалізації: більше центрів – менші кристали. Крупніші кристали легше центрифугуються, але їх уварювання триває довше. Після утворення необхідної кількості кристалів до вакуум-апарату додають сироп, знижуючи коефіцієнт пересичення до 1,08-1,1, що сприяє росту кристалів без утворення нових.

3. **Нарощування кристалів.** Сироп додається систематично, підтримуючи коефіцієнт пересичення на рівні 1,08-1,1, що дозволяє кристалам поступово збільшуватись.
4. **Згущення та випуск утфелю.** Після завершальної підкачки сиропу проводять кінцеве згущення утфелю до концентрації 92-92,5% для повного знецукрення міжкристального розчину перед випуском з апарату.

Вакуум-апарати відіграють ключову роль у процесі уварювання утфелю на цукрових заводах. Вони забезпечують випаровування води при низьких температурах під вакуумом, що дозволяє зберегти якість цукрози та уникнути її розкладу. Завдяки поєднанню контролю температури, тиску і рівня сиропу, вакуум-апарати сприяють ефективному формуванню та нарощуванню кристалів цукру, забезпечуючи високу продуктивність і якість кінцевого продукту. В сучасних система автоматизації вакуум-апаратів використовують такі типи регулювання:

1. Регулювання тиску (вакууму):

Вакуум підтримується для забезпечення процесу випаровування води при низькій температурі (68-75°C). Це важливо для запобігання розкладу цукрози. Регулювання здійснюється через контроль тиску в апараті за допомогою клапанів, які контролюють рівень вакууму в системі.

## 2. Регулювання температури:

Температура уварювання сиропу і формування кристалів повинна бути точно контрольована для досягнення бажаних характеристик продукту. Подача пари в парову камеру апарату регулюється для забезпечення необхідної температури уварювання, яка поступово збільшується від 68-70°C до 75°C у процесі.

## 3. Регулювання рівня сиропу (рідини):

Вакуум-апарат має систему для контролю рівня сиропу або утфелю всередині апарату, що важливо для правильного циркуляційного процесу та рівномірного випаровування. Це здійснюється за допомогою датчиків рівня та клапанів, які регулюють подачу сиропу або його вивантаження.

## 4. Регулювання концентрації (коефіцієнт пересичення):

Контролюється насиченість розчину та концентрація цукру, щоб запобігти надмірному утворенню кристалів або їх відсутності. Регулювання подачі сиропу до апарату впливає на цей процес, забезпечуючи оптимальні умови для нарощування кристалів. Це здійснюється за допомогою датчиків концентрації сухих речовин та клапанів, які регулюють подачу сиропу.

## 5. Регулювання обертів циркулятора:

Оберти механічного циркулятора, що забезпечує рівномірне перемішування, також можуть регулюватися. Це впливає на розподіл тепла та ефективність кристалізації. Це здійснюється за допомогою перемикачів швидкостей циркулятора, які регулюють рівномірне перемішування

Оскільки процес кристалізації в вакуум-апараті залежить від стабільного розподілу тепла та рівномірного перемішування, важливо мати точні дані про всі ключові параметри: рівень при вивантаженні, вміст сухих речовин при наборі, введення затравки, тривалість пропарювання, тривалість утримання на воді. Саме для цього потрібні регулярні звіти, які забезпечують можливість відслідковувати зміну параметрів у реальному часі, аналізувати стабільність

роботи та приймати обґрунтовані рішення щодо налаштування апарата. Таким чином, звіти відіграють критичну роль у підтриманні ефективності та якості процесу виробництва.

Звіти це невід’ємна частина будь-якої діяльності, від особистої до корпоративної. Це структурований опис виконаної роботи, досягнутих результатів, а також аналіз отриманих даних за певний період. Звіти допомагають нам відстежувати прогрес, приймати обґрунтовані рішення та ефективно керувати різними процесами.

**Звітність у SCADA системах** – це потужний інструмент, який дозволяє перетворювати великі обсяги зібраних даних на зрозумілі та інформативні документи. Ці документи можуть містити таблиці, графіки, діаграми, які наочно демонструють стан системи за певний період часу.

Звіт (Report) – це документ або сторінка, сформовані на основі означеного для нього формату та статистично оброблених плинних чи історичних даних. У форматі звіту позначається розміщення та призначення полів, а при генеруванні звіту ці поля заповнюються конкретними значеннями. Крім полів, вміст яких залежить від даних, формат звіту може вміщувати статичну графічну та текстову інформацію.

Ці документи можуть містити таблиці, графіки, діаграми, які наочно демонструють стан системи за певний період часу.

Основні функції підсистеми звітності:

- Збір даних: Автоматичне збирання даних з різних джерел.
- Обробка даних: Фільтрація, агрегація, розрахунок показників на основі зібраних даних.
- Формування звітів: Створення різноманітних звітів в заданому форматі.
- Настроювання: Гнучка настройка структури і вмісту звітів під потреби користувача.
- Архівування: Збереження історичних даних для подальшого аналізу.

#### Типи звітів:

- Періодичні: Генеруються автоматично через заданий інтервал часу (щоденні, щотижневі, щомісячні).
- Звіти за запитом: Створені за потребою користувача в будь-який момент часу.
- Трендові звіти: Відображають зміну параметрів системи за певний період часу.

#### Важливість підсистеми звітності:

- Оптимізація виробництва – це дозволяє виявити вузькі місця, знизити витрати, підвищити ефективність.
- Контроль якості – це допомагає забезпечити стабільність виробничого процесу і випуск продукції, що відповідає вимогам.
- Прийняття рішень - це надає інформацію для обґрунтованого прийняття рішень щодо управління виробництвом.
- Аналіз ефективності – це дозволяє оцінити ефективність роботи обладнання, технологічних процесів.
- Архівування даних - це забезпечує збереження історичних даних для подальшого аналізу.

Формат звіту, як правило, створює окремий редактор. Це може бути файл або для онлайн звітів – онлайн форма. У ряді підсистем формат звіту можна не задавати, користувач на льоту налаштовує вигляд звіту (Dashboard) через онлайн сторінку. Формат звіту включає означення даних (поля), які будуть використовуватись у звіті. При використанні даних з БД вказується джерело даних та фільтри для запиту (наприклад, запит мовою SQL). У форматі

налаштовується зовнішній вигляд, який може включати кілька розділів, які задають позицію і зміст звіту. Оскільки офлайн звіт – це окремий документ, він може містити усі частини такого документа.

Тому можна виділити кілька типів розділів:

- титул (title), або титульний аркуш (title page), з якого починається звіт;
- заключна сторінка (back page, last page);
- сторінки, кожна з яких може включати:
  - заголовок, колонтитул (header), який повторюється зверху кожної сторінки;
  - деталі, безпосередньо зміст сторінки (detail);
  - нижній колонтитул (footer), який повторюється внизу кожної сторінки;
- фон.

## **1.2 Аналіз існуючих звітностей на вакуум-апаратах**

Більшість технологічних об'єктів в Україні потребують модернізації, оскільки більшістю процесів в них управляє оператор вручну, що підвищує вплив людського фактора на загальну роботу, одним із них є ручна звітність. Ручна звітність на цукрових заводах, зокрема для вакуум-апаратів, залишається досить поширеною з кількох причин, хоча й має суттєві недоліки в порівнянні з автоматизованими системами.

Вигляд ручного звіту:

- Структура та форма: Зазвичай це паперові журнали чи бланки, в яких оператори заповнюють основні технологічні параметри, як-от тиск, рівень в збірнику сирому, час роботи, згущення сиропу тощо.

- Частота заповнення: Звіти заповнюються кілька разів на зміну, залежно від процесу який відбувається в вакуум-апараті та важливості контролю певних показників на них.
- Відповідальність за заповнення: Оператори відповідають за фіксацію інформації та підтримку журналів у належному вигляді але не завжди підтримують наповненість журналу важливою інформацією.

Хоча автоматизація процесів звітності набирає все більшої популярності, ручна звітність все ще широко використовується в багатьох організаціях. Існує кілька причин для цього. Одна із причин традиційність тому що це зручний метод звітності може залишатися основним на заводах, де давно використовуються налагоджені практики, і система автоматизації може бути недоступною через технічні або фінансові обмеження. Також невеликі масштаби виробництва, якщо завод невеликий і не має значного обсягу даних для обробки, ручний метод може здатися більш економічним на початкових етапах.

Хоча і недоліки в даному процесі звітності теж існують, такі як трудомісткість і висока ймовірність помилок, відсутність оперативності, складність зберігання та пошуку інформації.

Трудомісткість і висока ймовірність помилок в ручному звіті призводить до збільшення ризику помилок через людський фактор, що може призвести до неточних або пропущених даних, а відсутність оперативності тому що дані стають доступними для аналізу лише після завершення заповнення, що ускладнює миттєве реагування на зміну параметрів процесу таких як густина сиропу, яку важливо підтримувати в відповідних консистенціях, та перевіряти формування кристалу в сиропу ручним способом.

Таким чином, хоча ручна звітність і може бути надійною у простих умовах, її використання на великих підприємствах є неефективним. Ручна робота

потребує автоматизації для зменшення людського фактору, підвищення точності, доступу до аналітики та можливості контролювати виробничі параметри.

Перехід на автоматичне формування звітів сприятиме низка факторів:

- Підвищення точності даних: Автоматизована система зменшує ризик людських помилок, що часто трапляються під час ручного введення даних. SCADA HMI автоматично реєструє ключові параметри, що забезпечує високу точність.
- Економія часу та ресурсів: Оскільки автоматизація усуває потребу в ручному введенні, оператори можуть зосередитися на інших завданнях, що економить робочий час і ресурси.
- Швидкий аналіз великих обсягів даних: SCADA HMI здатна накопичувати та зберігати дані в електронному вигляді, що полегшує аналіз історичних показників. Завдяки цьому можна проводити порівняння, оцінку ефективності та вдосконалювати технологічні процеси на основі чітких даних.
- Спрощення архівування та доступу до звітів: Всі дані автоматично зберігаються в цифровому форматі, що усуває проблему зберігання паперових документів і полегшує їх пошук та аналіз у будь-який момент.

Отже, перехід на автоматичне формування звітів за допомогою SCADA HMI є обґрунтованим кроком, що забезпечить точність, оперативність та економічну вигоду на виробництві. SCADA HMI-система дозволяє створювати звіти, що інтегрують дані з різних етапів процесу та автоматично формуються на основі точних показників, отриманих від датчиків та інших контролюючих пристроїв.

У цій системі вся інформація про роботу вакуум-апаратів надходить в реальному часі до інтерфейсу НМІ, де вона миттєво обробляється і перетворюється на звіти з чіткою структурою та наглядною аналітикою.

На сьогоднішній день традиційні підходи до збору даних та документування процесів на цукрових заводах не завжди відповідають вимогам сучасного виробництва. Вони обмежують можливості оперативного контролю, ускладнюють доступ до точних даних та часто потребують значних трудових витрат на ручне введення.

Існуючі рішення звітності розроблялись Citect Scada, ще в старих її версіях, на даний час вже використовується більш сучасна її версія Plant Scada але недоліки і труднощі в розробці звітності так і залишились.

Підсистема звітності в Citect Scada. Вбудована в Citect підсистема звітів дає змогу досить швидко розробити прості звіти за даними тегів, однак має обмежену функціональність. Проектування звітності проходить за класичним принципом:

- розроблення формату (шаблону) звіту;
- означення звіту, в якому вказується формат, пристрій, куди буде виводитися звіт, та умова, при якій буде відбуватися виведення;
- генерування звіту через виклик функції (опційно).

Формат звіту можна задавати у двох виглядах: текстовому (ASCII-файл) та RTF. Останній дає можливість зробити форматування кольору, шрифтів, вставляти рисунки і OLE-об'єкти. ASCII-файл, по суті, є звичайним текстовим файлом, який не вміщує форматування. Однак на його базі можна робити формати для виведення html-сторінок. Крім того, в ASCII-файлі формату підтримується додаткова можливість по обробленню Cicode.

Незалежно від того, який вибрано тип формату звіту, він включає звичайний текст та замітники, які виділяються фігурними дужками. Вміст фігурних дужок сприймається як Cicode-вираз. Наприклад, вираз

{LOOP\_1\_PV:#-###.#EU} означає, що в цьому місці шаблону буде вставлене значення тегу LOOP\_1\_PV. У шаблон можна вставляти розділ з програмою Cicode, яка може попередньо оброблювати дані.

Для шаблону типу ASCII-файл дозволяється використовувати Cicode змінні, а для RTF – ні.

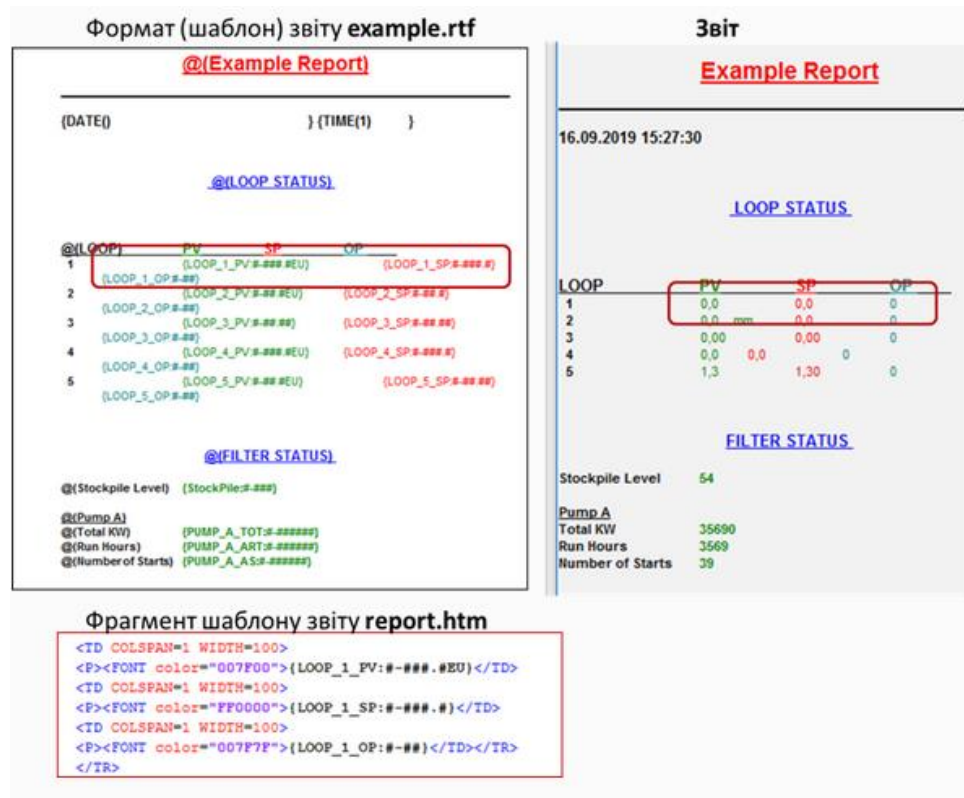


Рис. 1.2.1. Приклад означення форматів звіту у вигляді rtf та html (ліворуч) та вигляд звіту (праворуч)

Звіт означається в однойменному розділі проекту. Для звіту вказується ім'я, формат, попередньо створений пристрій виведення та час/період або/та подія для генерування (рис. 1.2.2). Звіт також можна генерувати з використанням Cicode функції “Report”.

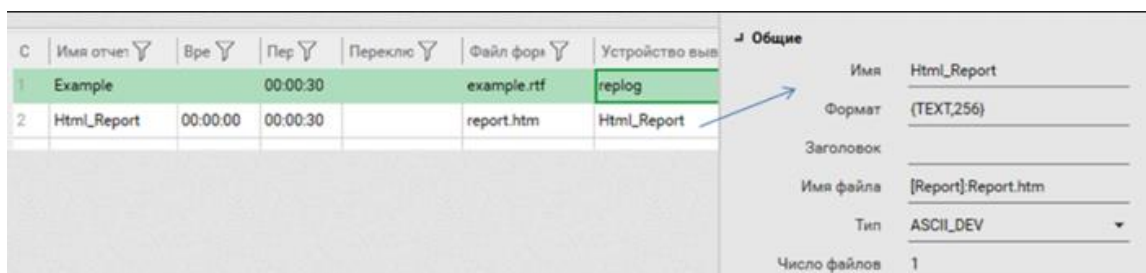


Рис. 1.2.2 Означення звіту в Citect та пристрою виведення

Описаним вище способом досить просто робляться звіти для виведення тегів у вказаному форматі. У будь-якому випадку для створення звітів без програмування необхідно використовувати сторонні сервіси що не дуже зручно при розгортанні системи це і є великим недоліком який займає багато часу.

Згідно з результатами досліджень в науковій літературі, окремі елементи вакуумних-апаратів змінюють свої динамічні характеристики залежно від навантаження та інших факторів.

Як правило, застосовуються регулюючі прилади й інші елементи САР, параметри яких встановлюються при налагодженні й після цього залишаються незмінними. Такі регулятори відносно до об'єктів зі змінними динамічними характеристиками в основному не можуть забезпечити якісного регулювання, а іноді навіть стійкого процесу.

Системи регулювання повинні визначати остаточні параметри налаштувань регуляторів при вводі об'єкта в експлуатацію, після його модифікації чи значної зміни характеристик. Фактично, автоматизовані адаптивні системи керування використовуються повсякчас, просто функції модулів адаптації виконує досвідчений оператор.

Тому розробка систем, що можуть самостійно або під наглядом оператора підлаштовуватися під зміни об'єкта керування, є актуальною науковою та практичною задачею. Збереження високої якості керування контурами та

елементами устаткування сприятиме економії ресурсів, підвищенню строку служби обладнання, позитивно відобразиться на загальній роботі підконтрольних технологічних процесів та інженерних систем.

Сучасні АСК для вакуум-апаратів включають інтегровані сенсори, контролери та програмні рішення, які не тільки керують процесом, але й надають дані для подальшого аналізу і оптимізації. Важливим аспектом є використання SCADA-систем, які дозволяють віддалено моніторити всі параметри та керувати процесом у реальному часі. Завдяки можливості обробки великих обсягів даних, система дозволяє швидко реагувати на будь-які збурення чи несправності, забезпечуючи безперервну роботу обладнання.

Тому рішення на для звітності саме в цій сфері потребує:

- Єдиний центр даних : SCADA НМІ об'єднує всі дані з вакуум-апаратів в одну систему, яка виконує обробку та візуалізацію показників. Це дозволяє миттєво отримати повний огляд усіх параметрів, уникаючи розпорошеності інформації, що притаманна ручним звітам.
- Швидкий доступ до архівів : Завдяки цифровому зберіганню, система SCADA НМІ дозволяє легко і швидко знаходити історичні дані та аналізувати зміни в технологічних параметрах за будь-яку зміну.
- Зниження експлуатаційних витрат : Хоча впровадження SCADA НМІ потребує початкових інвестицій, у довгостроковій перспективі автоматизація значно знижує витрати на робочу силу та обробку даних.
- Продуктивність без додаткових витрат на навчання : Сучасні SCADA системи мають інтуїтивний інтерфейс, завдяки чому персонал може швидко освоїти користування системою без тривалого навчання, що додатково економить ресурси підприємства.

### 1.3 Постановва задачі роботи

Об'єктом проектування у магістерській роботі є звітності на базі стандартів керування порційним виробництвом.

Предметом роботи є:

- розробка підсистеми системи звітності

Метою магістерської роботи є реалізація системи звітності роботи продуктовим відділенням для підвищення ефективності його роботи.

Ключовими процесами є:

- визначення ключових показників продуктового відділення;
- запис та збереження показників у БД;
- відображення звітності в Scada HMI.

У відповідності до цієї мети виділено основні задачі, які потрібно виконати у роботі:

- розробити підключення усіх пристроїв;
- розробити алгоритм та програму для формування звітності;
- забезпечити зберігання даних;
- розробити сторінку звітності в Scada HMI.

## **Розділ 2. Загальносистемні рішення**

### **2.1 Загальний опис об'єкту та системи**

Вакуум-апарат є спеціалізованим обладнанням, яке використовується для випарювання зайвої вологи з цукрового сиропу за зниженої температури, що досягається шляхом зниження тиску всередині апарата. Умови вакууму дозволяють кип'ятити сироп при температурі значно нижчій за звичайну, що запобігає розкладанню цукру і зберігає природний колір і смак продукту. Вакуум-апарат складається з випарної камери, механічного циркулятора для перемішування сиропу та системи нагрівання, яка підтримує рівномірну подачу тепла. Це забезпечує поступове формування кристалів цукру з потрібною структурою та розміром.

На рівні основного технологічного процесу відділення вакуум-апарат виконує кілька важливих функцій. По-перше, він підтримує точний контроль температури та тиску, що є критично важливим для збереження властивостей сиропу на стадії кристалізації. По-друге, вакуум-апарат забезпечує точну концентрацію цукрового розчину, яка визначає швидкість і якість кристалізації. Завдяки цьому досягається стабільний розмір кристалів, що спрощує подальші етапи виробництва.

На рівні всього виробництва вакуум-апарат має важливий вплив на економічну ефективність процесу. Завдяки оптимізованому випаровуванню він зменшує енергетичні витрати на підтримання температури та тиску, що особливо актуально для великих заводів. Контрольована робота вакуум-апарата сприяє зниженню втрат сировини, оскільки зменшує ризик перегріву або недостатнього згущення сиропу. Таким чином, вакуум-апарат не лише забезпечує якість продукту, а й сприяє підвищенню загальної продуктивності та рентабельності виробництва, зменшуючи витрати на сировину та енергоресурси.

Дуже важливо знати густину сиропу, який надходить на вакуум-апарат, оскільки вона безпосередньо впливає на ефективність процесу випарювання та якість кінцевого продукту. Від правильного рівня густини залежить швидкість кристалізації та стабільність структури кристалів цукру, а також контроль за споживанням енергії під час нагрівання. Якщо густина сиропу занадто висока, це може призвести до надмірного навантаження на обладнання та зниження якості продукту через нерівномірне утворення кристалів. Якщо ж густина занадто низька, процес випарювання буде малоефективним, що вплине на економічність виробництва.

## **2.2 Розробка загальної моделі ієрархії обладнання**

Стандарт ДСТУ EN 62264 стандартизує представлення об'єктів та функцій, які стосуються операційної діяльності. Іншими словами стандарт описує які повинні бути сутності (об'єкти) і як вони повинні бути представлені в інформаційних структурах (наприклад таблицях), для того щоб представити операційну діяльність виробництва. До таких об'єктів входять різні види ресурсів: устаткування (забезпечує виробництво), персонал, матеріали (з чого виготовляється і що виготовляється), активи (наявні підконтрольні необоротні ресурси) та їх об'єднання.

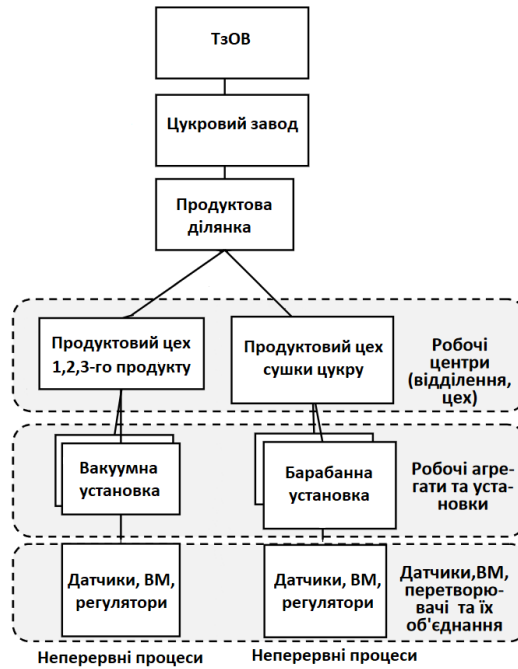


Рис. 3.1 Рольова ієрархія устаткування підприємства

Відповідно до ієрархії кожне устаткування (equipment, обладнання) виконує певну роль у процесі виготовлення продукції. При інтегруванні верхніх рівнів з системами АСКТП, керування та контроль відбувається саме в поняттях устаткування. Тобто підконтрольне устаткування знаходиться в якомусь стані, і на нього йде певна команда.

**Цукровий завод** – це група об'єднаних об'єктів, які забезпечують виробництво цукру та супутніх продуктів відповідно до календарного плану.

**Продуктова ділянка** – це група об'єктів у рамках виробничої площадки, які забезпечують виробництво готового цукру відповідно до виробничої потужності. Наприклад, для цукрового заводу це відділення, що включає вакуум-апарати, центрифуги, сушарки, охолоджувачі та пакувальні лінії, які забезпечують завершення технологічного циклу виробництва цукру-піску.

**Продуктовий цех** – є важливою складовою виробничого майданчика цукрового заводу, спеціалізується на перетворенні сиропу у кристалічний цукор. Цей цех має чітко визначені виробничі потужності, які забезпечують виконання

ключового етапу виробництва – кристалізації. Операції в цьому цеху тісно інтегровані з іншими ділянками заводу, такими як випарювання (ущільнення сиропу) та пакування готового продукту.

Як правило, рівень АСКТП не виходить за межі робочого центру, а часто і за рамки робочого вузлу. Тому устаткування на вищих рівнях не стосується SCADA.

ІАСУВ є 2-х рівневу структуру: рівень технологічного процесу та рівень виробництва. На рівні технологічного процесу (ТП) в систему входить:

- автоматизована система управління вакуум-апаратом;

Підсистема АСУТП 1ПР, розроблена як складова ІАСУВ для управління вакуум-апаратом, вона має 3-рівневу структуру:

- рівень датчиків (датчики, розподілені засоби вводу/виводу);
- рівень контролерів (ПЛК 1ПР);
- рівень SCADA/НМІ (ПК 1ПР).

## **Розділ 3. Розробка підсистеми управління технологічним процесом**

### **3.1 Схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня**

Сучасна технологія виробництва цукру-піску з цукрових буряків та іншої сировини для отримання цукру базується на поєднанні хімічних, фізико-хімічних та фізичних методів переробки. [10]

Виробництво цукру складається з таких етапів:

- 1. Зважування та визначення цукристості буряків.** На цьому етапі буряки, які прибули на завод, зважуються, а також оцінюється їхній вміст цукру. Цей етап важливий для визначення якості сировини та планування технологічного процесу.
- 2. Механічна обробка коренеплодів.** Буряки очищуються від бруду, каменів та іншого сміття, що потрапило разом із сировиною. Потім їх подрібнюють у вигляді бурякової стружки, яка буде використовуватись для екстракції цукру.
- 3. Дифузія.** Подрібнені буряки надходять до дифузійних апаратів, де гаряча вода екстрагує цукор із клітин рослини. В результаті утворюється дифузійний сік.
- 4. Дефекація та сатурація.** Дифузійний сік проходить стадії очищення. На першій стадії (дефекація) додають вапно для нейтралізації домішок. На другій стадії (сатурація) використовують вуглекислий газ для осадження нерозчинних частинок.
- 5. Фільтрування та упарювання розчину.** Після очищення сік фільтрується, а потім концентрується у випарних апаратах, щоб зменшити вміст води та отримати густий сироп.

- 6. Вакуумна кристалізація.** Сироп надходить у вакуум-апарати, де цукор починає кристалізуватися через контрольоване випаровування вологи. Утворюються кристали цукру, які називають утфель.
- 7. Очищення, сушіння та фасування.** Отриманий цукор очищується від залишків сиропу (меляси) у центрифугах, потім висушується, охолоджується та фасується в мішки або іншу тару для транспортування і зберігання. [10]



Рис. 3.1 Загальна структура лінії матеріальних потоків цукрового виробництва

Ключовим етапом в цьому всьому виробництві є вакуумна кристалізація, яка виконується у вакуум-апаратах.

Вакуум-апарат є спеціалізованим обладнанням, призначеним для обробки цукрового сиропу. Його основна функція полягає у випаровуванні залишкової води та створенні умов для формування кристалів цукру. Це досягається шляхом зниження температури кипіння рідини за рахунок зменшення тиску. [10]

Об'єктом управління є вакуум-апарат, що складається з:

- корпус;
- циркулятор;

Показником ефективності є якість цукру, що виробляється вакуум-апаратом.

Мета управління – отримання високо якісного цукру.

В об'єкт управління надходять зовнішні. Зовнішні збурювальні впливи, виникають внаслідок зміни вхідних параметрів, а також параметрів навколишнього середовища. Одним з найважливіших параметрів, які можуть призвести до зміни протікання процесу, є зміна вакууму в апараті, концентрація сухих речовин в сиропі, пара. [11]

Для досягнення мети управління та ліквідації збурювальних впливів, регулюють:

1. Вакуум в апараті із впливом на управління засувки.
2. Пару з впливом на управління засувки.
3. Оберти циркулятора з впливом на подачу швидкості на відповідних етапах.

Таблиця 3.2 Перелік технологічних параметрів

Назва параметру	Номінальне значення	Діапазон зміни	Функція			
			C	I	A	R
Тиск пари	10кПа	0-100 кПа	+	+	+	
Температура в апараті	70 °С	0-120 °С		+		
Концентрація сухих речовин	70%	60-100%	+	+		60с, 12міс
Рівень в апараті	0%	0-100%	+	+		60с, 12міс
Тиск в апараті	0 кПа	-100-100кПа	+	+	+	

Позначення функцій:

I – відображення, вказана періодичність оновлення; С – автоматизоване регулювання, вказана допустима статична похибка; А – сигналізація, вказані умови спрацювання; R – архівування, вказана періодичність запису та глибина архіву.

На функціональній схемі автоматизації процесу виробництва 1-го продукту для технологічних потреб відбувається:

- регулювання подачі сиропу;
- регулювання подачі пари;
- регулювання рівня в вакуум-апараті;
- регулювання тиску в вакуум-апараті;
- регулювання температури в вакуум-апараті;

Регулювання подачі сиропу або соку здійснюється вимірюванням різницею тисків в вакуум-апараті за допомогою VEGABAR 81 (поз. 1a,2a), через ПЛК регулюючий сигнал поступає на електропневматичним перетворювачем ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 10a,12a) який приводить в дію РО (поз. 10б,12б) з допомогою яких регулюється подача сиропу чи соку до вакуум-апарата.

Регулювання подачі пари здійснюється вимірюванням тиску пари в трубопроводі та температури за допомогою VEGABAR 19 (поз. 3a), сигнал якого поступає на ПЛК і через регулятор обрахований значення яке подається на РО і з ПЛК регулюючий сигнал поступає на електропневматичним перетворювачем ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 15a) який приводить в дію РО (поз. 15б) з допомогою якого регулюється подача сиропу до вакуум-апарата.

Регулювання розрідження в вакуум-апараті здійснюється вимірюванням розрідження VEGABAR 81 (поз. 1a) через ПЛК регулюючий сигнал поступає на електропневматичним перетворювачем ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 6a,7a)

який приводить в дію РО з допомогою якого регулюється розрідження в вакуум-апараті.

Регулювання температури пропарювання в вакуум-апараті здійснюється за допомогою датчика температури APLISENS CTR 8 Pt 100 (поз. 5а), сигнал якого поступає на ПЛК і через нього поступає на електропневматичним перетворювачем

ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 8а,9а) який приводить в дію РО (поз. 8б,9б) з допомогою яких регулюється температура пропарювання в вакуум-апараті.

Регулювання концентрації сухих речовин здійснюється за допомогою PRM-100 alpha (поз. 4а), сигнал якого поступає на ПЛК і через регулятор поступає на електропневматичним перетворювачем ASCO Numatics Sentronic LP (поз. 10а,12а) який приводить в дію РО (поз. 10б,12б) з допомогою яких регулюється концентрація сухих речовин в вакуум-апараті.

Керування швидкостями циркулятором здійснюється за допомогою контактору 3-х полюсного 11В310.00.220 (поз. 23а), що відправляє дискретний сигнал від ПЛК.

### **3.2 Схема компоновання та специфікація ПЛК, опис програми управління**

В якості основного ПЛК який виконує основні функції управління вакуум-апаратом було обрано ПЛК марки Schneider Electric Modicon M340.

- ВМХСРС3500 – блок живлення з номінальною напругою 24 В постійного струму, вихідна потужність 55 Вт, вхідна напруга від 100 до 240 В змінного струму або від 125 до 250 В постійного струму, забезпечує живлення для центрального процесора, модулів вводу/виводу та інших компонентів системи, обладнаний індикаторами стану живлення.[1]
- ВМХР342020 – центральний процесор CPU Р342020, робоча пам'ять 4096 КБ для програми і даних, 2 Ethernet-порти з підтримкою Modbus

TCP, 1 порт USB для програмування, підтримка протоколів Modbus, Ethernet/IP, CANopen, максимальна швидкість обробки до 37,5 нс на інструкцію, для роботи потрібна карта пам'яті VMXRWS.[2]

Для роботи з сигналами 1-го продукту було підібрано відповідні модулі.

- **VMXAMI0800** – аналоговий вхідний модуль, 8 каналів, підтримує входи струму (0-20 мА, 4-20 мА) і напруги ( $\pm 10$  В), роздільна здатність 15 біт, точність вимірювання  $\pm 0.2\%$ , забезпечує ізоляцію між каналами та внутрішньою шиною, підключення через знімні клеми, підтримує автоматичне діагностування.[3]
- **VMXAMO0802** – аналоговий вихідний модуль, 8 каналів, підтримує вихідні сигнали струму (0-20 мА, 4-20 мА) і напруги (0-10 В), роздільна здатність 12 біт, точність  $\pm 0.3\%$ , оснащений функціями діагностики, ізоляція між каналами та внутрішньою шиною, підключення через знімні клеми.[4]
- **VMXDDI6402K** – дискретний вхідний модуль, 64 канали, номінальна напруга 24 В постійного струму, підтримка типу входів "сухий контакт", час реакції 1 мс, ізоляція між групами каналів і внутрішньою шиною, підключення через знімні клеми, оснащений індикаторами стану для кожного входу.[5]
- **VMXDDO6402K** – дискретний вихідний модуль, 64 канали, номінальна напруга 24 В постійного струму, тип виходів: транзисторні (PNP), максимальний струм на канал – 0,5 А, ізоляція між групами каналів і внутрішньою шиною, підключення через знімні клеми, оснащений індикаторами стану для кожного виходу.[6]

- VMXDDO3202K – дискретний вихідний модуль, 32 канали, номінальна напруга 24 В постійного струму, тип виходів: транзисторні (PNP), максимальний струм на канал – 0,5 А, ізоляція між групами каналів і внутрішньою шиною, підключення через знімні клеми, оснащений індикаторами стану для кожного виходу.[7]

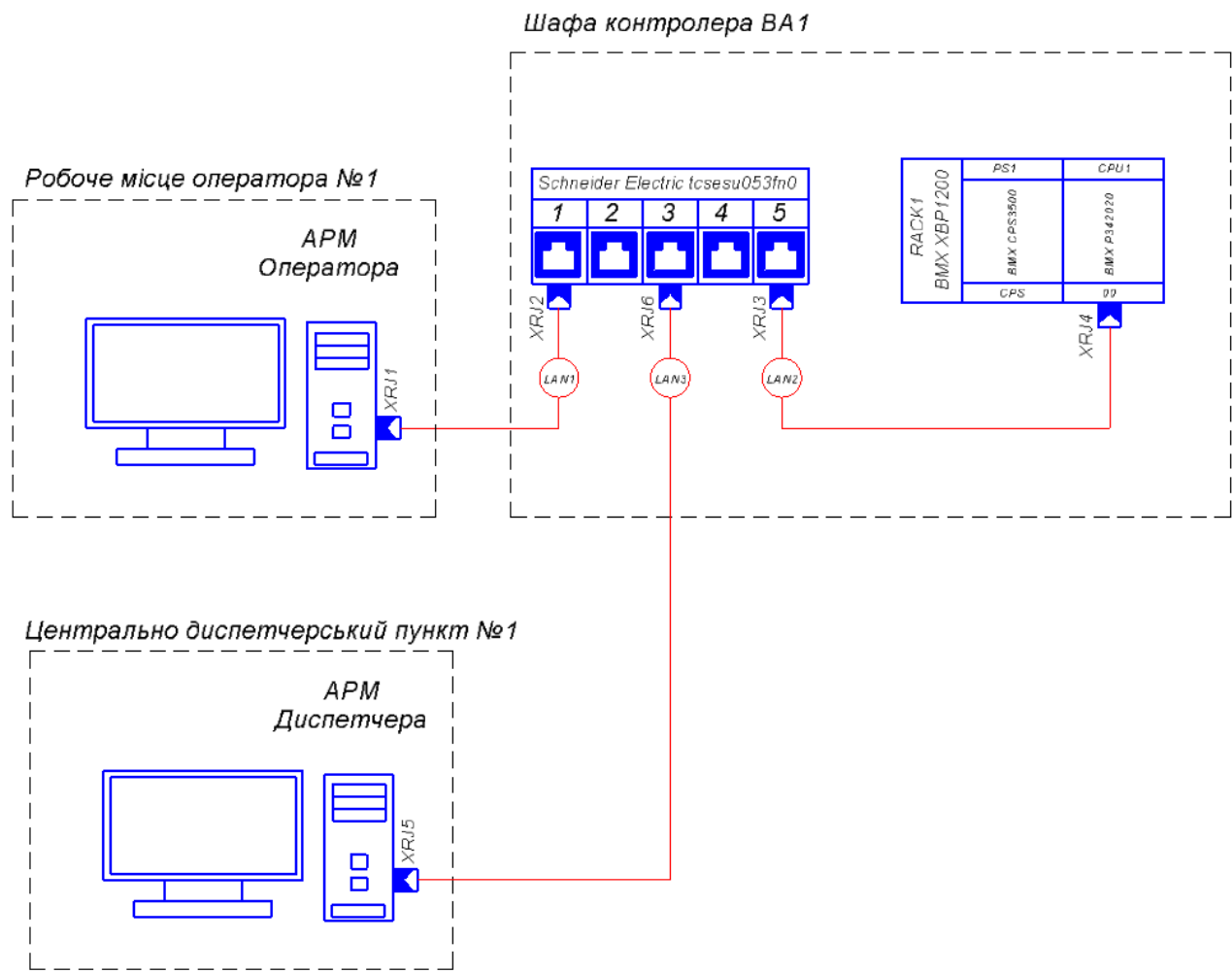


Рис. 3.2 Компонування обладнання ІАСУВ

Алгоритм роботи вакуум-апарату розбитий на окремі секції та блок алгоритму:

- Набір вакууму
- Готовність
- Набір апарату
- Згущення сиропу
- Введення затравки
- Утворення кристалів
- Підкачка сиропу
- Ріст кристалів
- Виснаження
- Вивантаження утфелю
- Утримання на воді
- Пропарювання
- Масштабування входів та виходів
- Аварії

### **Набір вакууму**

Після подачі команди на пуск вакуум-апарата виконується перевірка стану обладнання. Усе обладнання повинно бути зупиненим, усі задвижки повинні бути закритими. Після цього перевіряється чи інший вакуум-апарат не знаходиться на наборі вакууму. Після цього виконується відкриття засувки малого вакууму і іде набір вакууму до -60кПа після чого закривається засувка малого вакууму і відкривається інший клапан вакууму який далі буде регулювати вакуум в апараті. Як вакуум в апараті тиск досягає -80кПа тоді він переходить на крок «Готовність» де підтримує вакуум та чекає на команду «Набір апарату».

### **Готовність**

На цьому кроці вакуум-апарат очікує команду на «Набір апарату» та підтримує вакуум але всі інші засувки закриті.

### **Набір апарату**

Після команди оператора на набір апарату, перевіряється що інший вакуум-апарат не знаходиться на цьому самому кроці. Після чого відкривається засувка сиропу і іде набір сиропу в апарат до рівня 20-25% який розраховується різницею тисків в апараті, після чого закривається і переходить на наступний крок «Згущення сиропу» .

### **Згущення сиропу**

Відбувається відкриття засувки пари та включення циркулятора на 1 швидкість і температура в апараті контролюється в діапазоні 60-70С , що забезпечує кипіння сиропу за зниженого тиску і відбувається випаровування води в апараті. Після досягнення відповідного пересичення апарат переходить на крок «Введення затравки»

### **Введення затравки**

На даному кроці відкривається засувка з ємністю в яку оператор заливає відповідний концентрат затравки для утворення кристалів, після чого вона закривається і апарат переходить на крок «Утворення кристалів».

### **Утворення кристалів**

Відбувається досягнення пересичення для введення підкачки в апарат, після того як досягається відповідне пересичення вмикається таймер витримки після чого апарат переходить на «Підкачка сиропу».

### **Підкачка сиропу**

На даному кроці відбувається підкачка сиропу до відповідного рівня який був заданий для набору. Відкривається клапан сиропу чи води в залежності від того яке з середовищ вибрав оператор, допускається підкачка 2 середовищами але повинен бути вибраний один з середовищ. Після досягнення умови рівню апарат переходить на крок «Ріст кристалів».

### **Ріст кристалів**

На даному кроці циркулятор переходить на 2 швидкість та відбувається ріст кристалів. Апарат дивиться на згущення сиропу. Якщо сироп відповідає відповідному згущенню або оператор перевіряє сироп на наявність кристалів і якщо вони вже утворились він переводить апарат на крок «Виснаження».

### **Виснаження**

На даному кроці відбувається уварювання апарату для видалення зайвої вологи з сиропу. Це відбувається за відкриттям засувки пари на 100% і апарат чекає досягнення відповідного згущення в апараті, зазвичай це 88-90% згущеності і після чого іде на вивантаження.

### **Вивантаження**

При переході на даний крок апарат дивиться чи не знаходиться інший апарат на вивантаженні, якщо ніякий інший апарат не вивантажується тоді відбувається вивантаження. Відкривається засувка вивантаження і закривається засувка вакууму та зупиняється циркулятор, після того як апарат вивантажується до рівня 50-60% відкривається засувка пари і відбувається вивантаження з парою, це зроблено для того щоб швидше відбувалось вивантаження з апарату.

### **Пропарювання**

На даному кроці апарат пропарюється для того щоб видалити зайві залишки продукту при температурі 100С. Це відбувається при відкритті засувок пропарювання та витримки часу в середньому 10хв після досягнення 100С. Після чого апарат переходить на «Набір вакууму» та чекаю команду «Пуск».

### **Утримання на воді**

На даний крок програма переходить автоматично в разі відсутності сиропу чи по команді оператора в разі відсутності місця для вивантаження. Цей крок призначений для утримання сиропу в тих параметрах при який перейшли на цей крок. Відкривається засувка води і підтримує задану концентрацію сухих речовин.

## Розділ 4. Індивідуальне завдання

### 4.1 Підсистема звітності на базі стандартів керування порційним виробництвом

При розробці системи було враховано, що система звітності повинна бути винесена як заміна ручній формі звітності на підприємстві, для запобігання негативного людського впливу. Проаналізувавши все це, та потреби підприємства було розроблено автоматичний звіт на базі Plant Scada 2023.

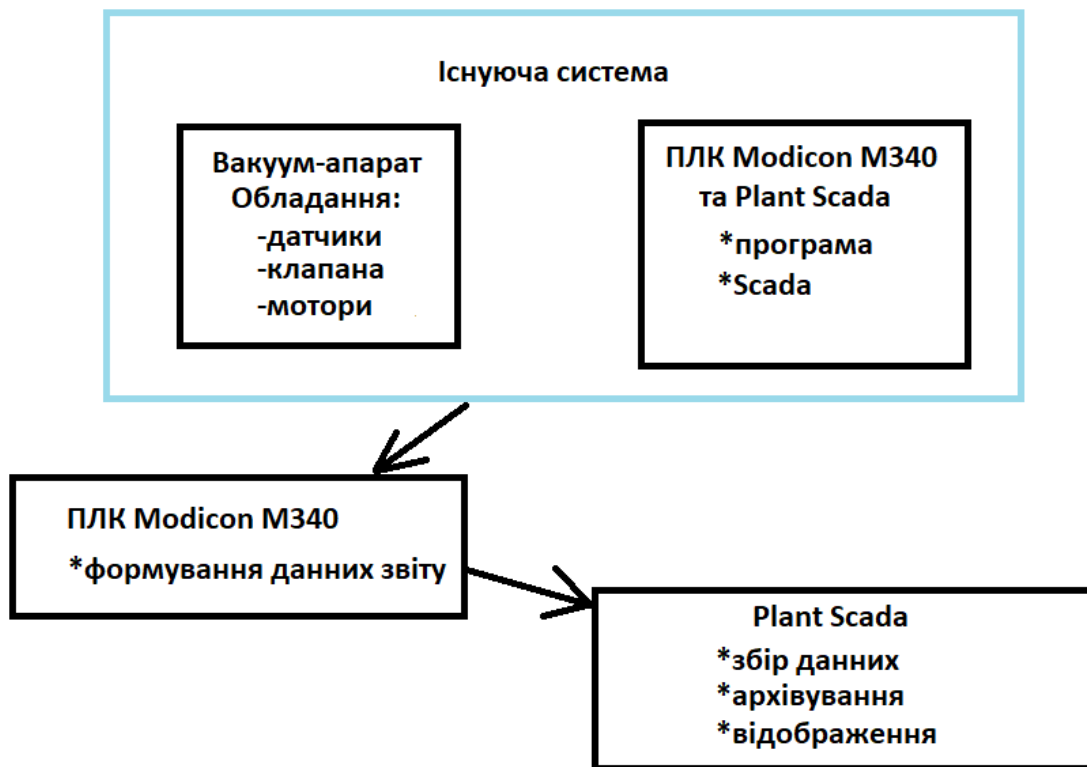


Рис. 4.1 Загальна структура системи звітності

Програма складається з блоку обробки звітів в ПЛК та з програми обробки цих даних в Plant Scada. Робота програми полягає в зборі даних ПЛК в процесі варки апарату на різних етапах в одну структуру, після чого як закінчиться повний етап варки вмикається біт готовності звіту. Після чого спрацьовує тригер

в подіях на Plant Scada та викликає відпрацювання функцію архівування яка в свою чергу читає дані та архівує їх в базу даних, після чого вони зчитуються та формуються в звіт який відображається в Plant Scada.

fbVA_Shift_Report		<DFB>	ВА_Звіт_Обробка звіту варки всіх ВА для зміни
inputs			
PLC	1	PLC	ПЛК
NewShift	2	BOOL	Нова зміна
Shift	3	INT	Зміна
VA	5	VA	Посилання на ВА
L_va	6	AI_calc	Рівень в ВА
Q1_va	7	AI	Вміст сухих речовин
Q	8	BOOL	Тригер
outputs			
inputs/outputs			
VR_Report	4	VA_Report	Звіт по варці
public			
private			
sections			
fbVA_Shift_Report		<ST>	

Рис. 4.2 – Функціональний блок «Обробки звітів в ПЛК»

```

VR_Report.Id := VA.Id;
if NewShift then
  (* Збереження даних попередньої зміни *)
  VR_Report.Shift_Date := Rep.Shift_Date;
  VR_Report.Shift := Rep.Shift;

  VR_Report.L_va_Begin := Rep.L_va_Begin;
  VR_Report.L_va_End := L_va.VAL;

  VR_Report.R_Sh := true;

  (* Збереження даних нової зміни *)
  Rep.Shift_Date := INT_TO_UDINT(PLC.Year) * 10000 + INT_TO_UDINT(PLC.Month) * 100 + INT_TO_UDINT(PLC.Day);
  Rep.Shift := Shift;
  VR_Report.L_va_Begin := L_va.VAL;
end_if;

if VA.Operation = 1 then
  VR_Report.t_VR_Begin_Date := 0;
end_if;

(* Час початку варки *)
if VA.Operation = 2 and VR_Report.t_VR_Begin_Date = 0 then
  VR_Report.t_VR_Begin_Date := INT_TO_UDINT(PLC.Year) * 10000 + INT_TO_UDINT(PLC.Month) * 100 + INT_TO_UDINT(PLC.Day);
  VR_Report.t_VR_Begin_Time := INT_TO_UDINT(PLC.Hour) * 10000 + INT_TO_UDINT(PLC.Min) * 100 + INT_TO_UDINT(PLC.Sec);
  VR_Report.t_VR := 0;
  VR_Report.t_Water := 0;
  VR_Report.t_Liout := -1.0;
  (* Вміст сухих речовин при наборі *)
  VR_Report.Qlnabir := Q1_va.VAL;
  VR_Report.t_Zat_Date := 0;
  VR_Report.t_Zat_Time := 0;
  VR_Report.t_Proparka := 0;
  VR_Report.t_VR_End_Date := 0;
  VR_Report.t_VR_End_Time := 0;
end_if;

if VR_Report.t_VR_Begin_Date <> 0 then
  (* Час введення заправки *)
  if VA.Operation = 5 and VR_Report.t_Zat_Date = 0 then
    VR_Report.t_Zat_Date := INT_TO_UDINT(PLC.Year) * 10000 + INT_TO_UDINT(PLC.Month) * 100 + INT_TO_UDINT(PLC.Day);
    VR_Report.t_Zat_Time := INT_TO_UDINT(PLC.Hour) * 10000 + INT_TO_UDINT(PLC.Min) * 100 + INT_TO_UDINT(PLC.Sec);
  end_if;
  (* Тривалість варки, Утримання на вогні *)
  if (VA.Operation = 2 and VA.Operation < 12) or VA.Operation = 15 then
    VR_Report.t_VR := VA.VR.Time;
    VR_Report.t_Water := VA.Water.Time;
  end_if;
  (* Час закінчення варки *)
  if VA.Operation = 12 and VR_Report.t_VR_End_Date = 0 then
    VR_Report.t_VR_End_Date := INT_TO_UDINT(PLC.Year) * 10000 + INT_TO_UDINT(PLC.Month) * 100 + INT_TO_UDINT(PLC.Day);
    VR_Report.t_VR_End_Time := INT_TO_UDINT(PLC.Hour) * 10000 + INT_TO_UDINT(PLC.Min) * 100 + INT_TO_UDINT(PLC.Sec);
    (* Фільтр при вивантаженні *)
    VR_Report.Liout := L_va.VAL;
  end_if;
  (* Час пропарювання *)
  if VA.Operation = 14 and VR_Report.t_Proparka = 0 then
    VR_Report.t_Proparka := VA.Operation.Time[13];
    (* Збереження даних попередньої зміни *)
    VR_Report.Shift_Date := INT_TO_UDINT(PLC.Year) * 10000 + INT_TO_UDINT(PLC.Month) * 100 + INT_TO_UDINT(PLC.Day);
    VR_Report.Shift := Shift;
    VR_Report.R_VR := true;
  end_if;
end_if;

if VR_Report.R_Sh then
  t_Sh := t_Sh + bool_to_int(PLC.t1);
  if t_Sh >= 10 then VR_Report.R_Sh := false; end_if;
else
  t_Sh := 0;
end_if;

if VR_Report.R_VR then
  t_VR := t_VR + bool_to_int(PLC.t1);
  if t_VR >= 10 then VR_Report.R_VR := false; end_if;
else
  t_VR := 0;
end_if;

```

Рис 4.3 – Алгоритм роботи функціонального блоку «Обробки звітів в ПЛК»

```

-----
//
// HASBA #VHKIII:
//   Pl_Sh
//
// ОННС:
//   Свороче звіт
//
// АПТУМЕНІТ:
//   - sReport - Hasba збиты
//
// ПОВЕПТАЕ:
//
-----
//
//
STRING FUNCTION Pl_Sh(INT iDateFrom, INT iShift)
INT iRecCount, i;
STRING si;

MapClose("Rep");
MapOpen("Rep",2);

SELECT CASE iShift
CASE 1
  MapValueSet("Rep","Shift_From","08:00");
  MapValueSet("Rep","Shift_To","16:00");
CASE 2
  MapValueSet("Rep","Shift_From","16:00");
  MapValueSet("Rep","Shift_To","00:00");
CASE 3
  MapValueSet("Rep","Shift_From","00:00");
  MapValueSet("Rep","Shift_To","08:00");
END SELECT

MapValueSet("Rep","Date",Report_DT_IntToStr(iDateFrom));

Report_Get("Pl_Sh","SELECT * from Pl_Sh where C2 = '"+IntToStr(iDateFrom)+'" AND C3 = ' ' + IntToStr(iShift) + "'");
si = IntToStr(0);
MapValueSet("Rep","L_s_Begin",Report_MapValueGet("Pl_Sh","C4_" + si));
MapValueSet("Rep","L_s_End",Report_MapValueGet("Pl_Sh","C5_" + si));
MapValueSet("Rep","L_sik_Begin",Report_MapValueGet("Pl_Sh","C6_" + si));
MapValueSet("Rep","L_sik_End",Report_MapValueGet("Pl_Sh","C7_" + si));
MapValueSet("Rep","L_zpl_Begin",Report_MapValueGet("Pl_Sh","C8_" + si));
MapValueSet("Rep","L_zpl_End",Report_MapValueGet("Pl_Sh","C9_" + si));
MapValueSet("Rep","L_pr_mish1_Begin",Report_MapValueGet("Pl_Sh","C10_" + si));
MapValueSet("Rep","L_pr_mish1_End",Report_MapValueGet("Pl_Sh","C11_" + si));
MapValueSet("Rep","L_pr_mish2_Begin",Report_MapValueGet("Pl_Sh","C12_" + si));
MapValueSet("Rep","L_pr_mish2_End",Report_MapValueGet("Pl_Sh","C13_" + si));

Report("Pl_Sh_Part1");
MapClose("Pl_Sh");

Report("Pl_Sh_Part2");
Report_Get("Pl_VA","SELECT * from Pl_VA where C2 = '"+IntToStr(iDateFrom)+'" AND C3 = ' ' + IntToStr(iShift) + "'");
iRecCount = Report_MapValueGet("Pl_VA","Count");
FOR i=1 TO iRecCount DO
  si = IntToStr(i-1);
  MapValueSet("Rep","NumRec",IntToStr(i));
  MapValueSet("Rep","Num",Report_MapValueGet("Pl_VA","C4_" + si));
  MapValueSet("Rep","c_VR_Begin_DateTime",Report_MapValueGet("Pl_VA","C5_" + si));
  MapValueSet("Rep","c_VR_End_DateTime",Report_MapValueGet("Pl_VA","C6_" + si));
  MapValueSet("Rep","c_VR",Report_MapValueGet("Pl_VA","C7_" + si));
  MapValueSet("Rep","c_Water",Report_MapValueGet("Pl_VA","C8_" + si));
  MapValueSet("Rep","Llout",Report_MapValueGet("Pl_VA","C9_" + si));
  MapValueSet("Rep","Qlnabiz",Report_MapValueGet("Pl_VA","C10_" + si));
  MapValueSet("Rep","c_Froparka",Report_MapValueGet("Pl_VA","C11_" + si));
  MapValueSet("Rep","c_Zat_DateTime",Report_MapValueGet("Pl_VA","C12_" + si));
  Report("Pl_Sh_Part2_Row");
END
MapClose("Pl_VA");

Report("Pl_Sh_Part3");
RETURN ServerInfoEx("Sexver",0,"Report");
END

```

Рис 4.4 – Функція створення звіту.

```

// НАЗВА ФУНКЦІЇ:
//   Report_Get
//
// ОПИС:
//   Повертає дані з файлу звітів
//
// АРГУМЕНТИ:
//   - sRepDbf - Назва dbf
//
// ПОВЕРТАЄ:
//
//-----
FUNCTION Report_Get (STRING sRepDbf, STRING sReq)
  INT hSQL, hRec, i, iRecCount, j, hRepFile, iColCount;

  _CreatePath("[reportdata]"); //Створюємо каталог. Повторно не створюється, якщо вже існує
  hSQL = DBF_Connect("[reportdata]"); IF hSQL = -1 THEN RETURN; END

  hRepFile = DevOpen(sRepDbf,0);
  iColCount = StrToInt(_SplitStr(DevInfo(hRepFile, 1),"},",0,2));
  DevClose(hRepFile);

  MapClose(sRepDbf);
  MapOpen(sRepDbf,2);

  //CO - Timestamp
  hRec = DBF_GetRecordset(hSQL, sReq);
  iRecCount = DBF_GetCount(hRec);
  MapValueSet(sRepDbf,"Count",iRecCount);
  FOR i=1 TO iRecCount DO
    FOR j=1 TO iColCount DO
      MapValueSet(sRepDbf,"C"+IntToStr(j) + "_" + IntToStr(i-1),DBF_GetField(hRec, "C"+IntToStr(j), i-1));
    END
  END
  DBF_End(hRec);
  DBF_Disconnect(hSQL);
END

//-----
//
// НАЗВА ФУНКЦІЇ:
//   Report_Create
//
// ОПИС:
//   Створення звіту
//
// АРГУМЕНТИ:
//   - sReport - Назва звіту
//
// ПОВЕРТАЄ:
//
//-----
FUNCTION Report_Create (STRING sReport)
  INT hRep, iShift, iDateFrom;
  STRING sServerName, sDateTimeFrom, sDateTimeTo, sPath;

  iShift = PageGetInt("Shift");
  sDateTimeFrom = _ObjectGetProperty(ObjectByName("_DateTimeFrom"), "Text");
  iDateFrom = Report_DT_StrToInt(sDateTimeFrom);

  hRep = MsgOpen("Report", 0, 0);

  IF StrLength(FileFind("[reportdata]:"+sReport+".htm", 0)) > 0 THEN
    FileDelete("[reportdata]:"+sReport+".htm");
  END

  SELECT CASE sReport
    CASE "P1_Sh"
      sServerName = MsgRPC(hRep,"P1_Sh",IntToStr(iDateFrom)+","+IntToStr(iShift),0);
  END SELECT
  MsgClose("Report", hRep);

  SELECT CASE sReport
    CASE "P1_Sh"
      sServerName = MsgRPC(hRep,"P1_Sh",IntToStr(iDateFrom)+","+IntToStr(iShift),0);
  END SELECT
  MsgClose("Report", hRep);

  IF sServerName <> "" THEN
    IF ServerInfoEx("Server",0,"Report") = sServerName THEN
      sPath = ParameterGet("PATH", "reportdata", "") + "\ " + sReport + ".htm";
    ELSE
      sPath = ParameterGet("PATH", sServerName, "") + "\ " + sReport + ".htm";
    END
  END

  Report_DisplayHTML(sPath);
END
END

```

Рис 4.5 – Функції запити на створення звіту та читання даних з БД.

```

//-----
//
// НАЗВА ФУНКЦІЇ:
//   Report_Add
//
// ОПИС:
//   Використовується для додавання нового запису в звіт
//
// АРГУМЕНТИ:
//   - sRepDbf - Назва dbf
//
// ПОВЕДІНКА:
//
//-----
FUNCTION Report_Add (STRING sRepDbf, STRING sTagPrefix = "")
INT hRepDbf, hRepFile, hSQL, hRec, iCountRec, hStmt, iTimestamp;
INT iMaxRecord = 16425; //Максимальна кількість записів - 15 вярок * 3 зміни * 365 днів
TIMESTAMP t1 = TimestampCurrent();
INT it1 = TimestampToTimeInt(t1);

STRING sDate, sTime;

_CreatePath("[reportdata]");

hSQL = DBF_Connect("[reportdata]");

//Отримуємо кількість записів в dbf
DBF_Exec(hSQL, "select count(*) from "+sRepDbf);
DBF_Exec(hSQL);
iCountRec = StrToInt(DBF_GetField(hSQL, "Field1"));

//Перевіряємо чи досягли максимум записів
IF iCountRec >= iMaxRecord THEN
//Видаляємо старі записи
hRec = DBF_GetRecordset(hSQL, "SELECT TOP " + IntToStr((iCountRec - iMaxRecord)+1) + " * from "+ sRepDbf + " order by Cl asc");
iTimestamp = DBF_GetField(hRec, "C1", iCountRec - iMaxRecord);
DBF_End(hRec);
DBF_Exec(hSQL, "delete from " + sRepDbf + " where Cl <= '" + IntToStr(iTimestamp) + "'");
END

//Додаємо новий запис
hStmt = SQLQueryCreate(hSQL);
SQLSet(hStmt, "insert into " + sRepDbf + " values (");

SELECT CASE sRepDbf
CASE "P1_VA_Sh"

SQLAppend(hStmt, "" + IntToStr(it1) + ",", " "); //C1"
SQLAppend(hStmt, "" + TagRead(sTagPrefix + ".Shift_Date") + ",", " "); //C2"
SQLAppend(hStmt, "" + TagRead(sTagPrefix + ".Shift") + ",", " "); //C3"
SQLAppend(hStmt, "" + TagRead(sTagPrefix + ".Id") + ",", " "); //C4"
SQLAppend(hStmt, "" + Val(sTagPrefix + ".V_zag_Begin", TagRead(sTagPrefix + ".L_va_Begin")) + ",", " "); //C5"
SQLAppend(hStmt, "" + Val(sTagPrefix + ".V_zag_End", TagRead(sTagPrefix + ".L_va_End")) + """); //C6"

CASE "P1_VA"

SQLAppend(hStmt, "" + IntToStr(it1) + ",", " "); //C1"
SQLAppend(hStmt, "" + TagRead(sTagPrefix + ".Shift_Date") + ",", " "); //C2"
SQLAppend(hStmt, "" + TagRead(sTagPrefix + ".Shift") + ",", " "); //C3"
SQLAppend(hStmt, "" + TagRead(sTagPrefix + ".Id") + ",", " "); //C4"
sDate = Report_DT_IntToStr(TagRead(sTagPrefix + ".t_VR_Begin_Date"));
sTime = Report_DT_IntToStr(TagRead(sTagPrefix + ".t_VR_Begin_Time"), 1);
SQLAppend(hStmt, "" + sDate + " " + sTime + ",", " "); //C5"
sDate = Report_DT_IntToStr(TagRead(sTagPrefix + ".t_VR_End_Date"));
sTime = Report_DT_IntToStr(TagRead(sTagPrefix + ".t_VR_End_Time"), 1);
SQLAppend(hStmt, "" + sDate + " " + sTime + ",", " "); //C6"
sTime = Report_DT_IntToStr(TagRead(sTagPrefix + ".t_VR"), 2);
SQLAppend(hStmt, "" + sTime + ",", " "); //C7"
sTime = Report_DT_IntToStr(TagRead(sTagPrefix + ".t_Water"), 2);
SQLAppend(hStmt, "" + sTime + ",", " "); //C8"
SQLAppend(hStmt, "" + Val(sTagPrefix + ".Llout", TagRead(sTagPrefix + ".Llout")) + ",", " "); //C9"
SQLAppend(hStmt, "" + Val(sTagPrefix + ".Qlnabir", TagRead(sTagPrefix + ".Qlnabir")) + ",", " "); //C10"
sTime = Report_DT_IntToStr(TagRead(sTagPrefix + ".t_Proparka"), 2);
SQLAppend(hStmt, "" + sTime + ",", " "); //C11"
sDate = Report_DT_IntToStr(TagRead(sTagPrefix + ".t_Zat_Date"));
sTime = Report_DT_IntToStr(TagRead(sTagPrefix + ".t_Zat_Time"), 1);
SQLAppend(hStmt, "" + sDate + " " + sTime + """); //C12"

CASE "P1_Sh"

SQLAppend(hStmt, "" + IntToStr(it1) + ",", " "); //C1"
SQLAppend(hStmt, "" + TagRead(sTagPrefix + ".Shift_Date") + ",", " "); //C2"
SQLAppend(hStmt, "" + TagRead(sTagPrefix + ".Shift") + ",", " "); //C3"
SQLAppend(hStmt, "" + Val(sTagPrefix + ".L_s_Begin", TagRead(sTagPrefix + ".L_s_Begin")) + ",", " "); //C4"
SQLAppend(hStmt, "" + Val(sTagPrefix + ".L_s_End", TagRead(sTagPrefix + ".L_s_End")) + ",", " "); //C5"
SQLAppend(hStmt, "" + Val(sTagPrefix + ".L_sik_Begin", TagRead(sTagPrefix + ".L_sik_Begin")) + ",", " "); //C6"
SQLAppend(hStmt, "" + Val(sTagPrefix + ".L_sik_End", TagRead(sTagPrefix + ".L_sik_End")) + ",", " "); //C7"
SQLAppend(hStmt, "" + Val(sTagPrefix + ".L_zpl_Begin", TagRead(sTagPrefix + ".L_zpl_Begin")) + ",", " "); //C8"
SQLAppend(hStmt, "" + Val(sTagPrefix + ".L_zpl_End", TagRead(sTagPrefix + ".L_zpl_End")) + ",", " "); //C9"
SQLAppend(hStmt, "" + Val(sTagPrefix + ".L_pr_mishl_Begin", TagRead(sTagPrefix + ".L_pr_mishl_Begin")) + ",", " "); //C10"
SQLAppend(hStmt, "" + Val(sTagPrefix + ".L_pr_mishl_End", TagRead(sTagPrefix + ".L_pr_mishl_End")) + ",", " "); //C11"
SQLAppend(hStmt, "" + Val(sTagPrefix + ".L_pr_mish2_Begin", TagRead(sTagPrefix + ".L_pr_mish2_Begin")) + ",", " "); //C12"
SQLAppend(hStmt, "" + Val(sTagPrefix + ".L_pr_mish2_End", TagRead(sTagPrefix + ".L_pr_mish2_End")) + """); //C13"

END SELECT

DBF_Disconnect(hSQL);
END

```

Рис 4.6 – Функція зчитування та додавання даних в БД.

```

STRING mCurrentDisplay; // Плинний звіт, який відображається на екрані
//-----
//
// НАЗВА ФУНКЦІЇ:
//   Report_DisplayHTML
//
// ОПИС:
//   Використовується для відображення звіту
//
// АРГУМЕНТИ:
//   - sReportName - Назва html-звіту
//
// ПОВЕРТАЄ:
//
//-----
FUNCTION Report_DisplayHTML (STRING sRepPath)
LanguageFileTranslate (sRepPath, sRepPath);
SleepMS (500);
DspHtmlFileSetName (sRepPath);
mCurrentDisplay = sRepPath;
END

//-----
//
// НАЗВА ФУНКЦІЇ:
//   Report_InitPage
//
// ОПИС:
//   Використовується для ініціалізації елементів звіту
//
// АРГУМЕНТИ:
//
// ПОВЕРТАЄ:
//
//-----
FUNCTION Report_InitPage ()
TIMESTAMP t1 = TimestampCurrent ();
Report_InitTextBox ("_DateTimeFrom", t1); //TimestampAdd (t1, -1, 2)
//Report_InitTextBox ("_DateTimeTo", TimestampAdd (t1, 1, 4));
_ObjectSetProperty (ObjectByName ("_DateTimeFrom"), "FontSize", 14);
_ObjectSetProperty (ObjectByName ("_DateTimeFrom"), "FontName", "Arial");
_ObjectSetProperty (ObjectByName ("_DateTimeFrom"), "MaxLength", 16);
//_ObjectSetProperty (ObjectByName ("_DateTimeTo"), "FontSize", 14);
//_ObjectSetProperty (ObjectByName ("_DateTimeTo"), "FontName", "Arial");
//_ObjectSetProperty (ObjectByName ("_DateTimeTo"), "MaxLength", 16);
PageSetInt ("Shift", 1);
END

```

Рис 4.7 – Функції для ініціалізації та відображення звіту на сторінці.

**Цукровий завод**

**Змінний звіт по 1 продукту**  
за 2024.11.04,  
з 08:00 по 16:00.

**Приймання/Передавання зміни:**

	Рівень в збірнику сиропу, %	Рівень в збірнику соку, %	Рівень в збірнику ЗП-1, %	Рівень 1 утфелемішалки 1пр, %	Рівень 2 утфелемішалки 1пр, %
Прийняли:	45,1	57,4	52,1	35,5	83,9
Передали:	29,4	53,8	85,6	43,1	93,8

**Готових ВА за період:**

№	Номер ВА	Початок варки	Кінець варки	Тривалість варки	Тривалість утримання на воді	Рівень при вивантаженні, %	Вміст сухих речовин при наборі, Вх	Введення затравки	Тривалість пропарювання
		Дата та час	Дата та час						
1	2	2024.11.04 05:05	2024.11.04 08:01	02:55	00:00	90,87	73,23	2024.11.04 05:23	00:10
2	3	2024.11.04 05:37	2024.11.04 08:47	03:10	00:00	90,91	73,81	2024.11.04 05:57	00:11
3	4	2024.11.04 06:48	2024.11.04 09:46	02:58	00:00	89,19	72,42	2024.11.04 07:05	00:11
4	5	2024.11.04 07:18	2024.11.04 10:32	03:13	00:01	88,47	74,07	2024.11.04 07:41	00:10

Рис 4.8 – Відображення звіту на сторінці.

## **Висновки**

Під час роботи над магістерською роботою на основі теми було визначено специфіку системи автоматизованої звітності на цукровому підприємстві, характеристики обладнання та алгоритм функціонування систем. Для зменшення негативних впливів треба не тільки ремонтувати обладнання а й модифікувати систему звітності, для точних і вчасно внесених даних про проходження процесу для подальшого аналізу і покращення його. На основі цієї інформації було прийнято рішення про створення системи, що здатна формувати звіти і показники проходження процесу в вакуум-апараті та на основі цих даних приймати рішення стосовно його роботи для підвищення ефективності та зменшення витрат на виробництво. За рахунок впровадження такої системи можна досягти максимальну можливу ефективність роботи вакуум-апарату, максимально зменшити витрати на сировину та покращити якість цукру. Окрім цього система також забезпечує збирання та зберігання даних.

Наступним кроком є створення програми яка має повністю брати на себе функціонал зчитування, архівування та створення форми звіту. Програма написана в спеціальному програмному середовищі з використання Cicode.

Останньою задачею магістерської роботи є створення інтерфейсу який має задовольняти своїм функціоналом потреби керівництва та технічного персоналу цукрового підприємства, а також бути достатньо інформативним.

Система автоматизованої звітності підвищить загальну продуктивність використання сировини та дасть змогу проаналізувати процес та більш детально зрозуміти де є недоліки. Система створена з використання новітніх систем та технологій та інтегрована як комплекс у загальну обладнання. Програма відповідає всім вимогам та стандартам прийнятих міжнародними стандартами.

## Список використаної літератури

1. Підсистема звітності [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: [https://pupenasan.github.io/hmibook/8\\_5.html](https://pupenasan.github.io/hmibook/8_5.html) (дата звернення: 28.10.2024). – Назва з екрана.
2. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
3. Інтегрування SCADA/НМІ з верхніми рівнями керування [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: [https://pupenasan.github.io/hmibook/9\\_2.html](https://pupenasan.github.io/hmibook/9_2.html) (дата звернення: 06.11.2024). – Назва з екрана.
4. Технологія виробництва цукру [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/9353479/> (дата звернення: 14.11.2024). – Назва з екрана.
5. Блок живлення ВМХСРС3500 [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product/VMXCPS3500/-/> (дата звернення: 17.11.2024). – Назва з екрана.
6. Модуль ЦПУ ВМХР342020 [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product/VMXP342020/-cpu34020-modbus-ethernet/> (дата звернення: 17.11.2024). – Назва з екрана.
7. Аналоговий модуль входів ВМХАМІ0800 [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product/VMXAMI0800/-8-u-i-> (дата звернення: 17.11.2024). – Назва з екрана.
8. Аналоговий модуль виходів ВМХАМО0802 [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product/VMXAMO0802/> (дата звернення: 17.11.2024). – Назва з екрана.

9. Дискретний модуль входів BMXDDI6402K [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product/BMXDDI6402K/> (дата звернення: 17.11.2024). – Назва з екрана.

10. Дискретний модуль виходів BMXDDO6402K [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <https://www.se.com/ua/uk/product/BMXDDO6402K/> (дата звернення: 17.11.2024). – Назва з екрана.

11. Про КРІ та ОЕЕ. Загальні розрахунки згідно ISO 22400-2. [Електронний ресурс]: – Текст. дані. – Режим доступу: <http://www.slideshare.net/pupenasan/kri-oee>.

12. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навч. посібник / О.М.Пупена, І.В.Ельперін, Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк.– К.:Ліра-К, 2011. – 552 с.

13. Пупена, О.М. [Електронний ресурс]: Автоматизовані системи управління виробництвом (MES-рівень): курс лекцій для студ. освіт. ст. "магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціалізації "Інтегровані автоматизовані системи управління " денної та заочної форм навчання О.М. Пупена, Р.М. Міркевич. – К.: НУХТ, 2016. – 135 с.

14. Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.– 344 с.

15. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології” напряму підготовки 0804 “Комп’ютерні науки” ден. та заоч. форм навчання/ Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К: НУХТ, 2007. – 71 с.

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