

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра морського приладобудування

ДОПУЩЕНИЙ ДО ЗАХИСТУ

В.о. завідувача кафедри

 Гайдай Г.Ю.

« 17 » 06 2026 р.

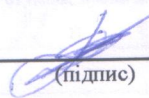
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: **«Система контролю параметрів зберігання зернопродуктів»**

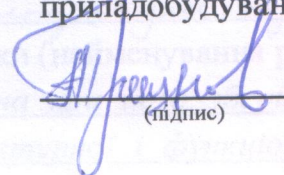
1. Тема роботи: Система контролю параметрів зберігання зернопродуктів

Керівник роботи: Грешнов Андрій Виконав: студент групи 4651

затверджено наказом ректора № 123 від 15.05.2026 р. Виконав:  **Корольчук Д.В.**
(підпис)

2. Термін подання роботи:

3. Вихідні дані по роботі: Керівник роботи: доцент кафедри морського приладобудування

4. Перелік питань, що належать до розробки:  **Грешнов А.Ю.**
(підпис)

1. Проблема контролю параметрів зерна. 2. Розробка структурної схеми КС. 3. Алгоритм визначення кількості зерна в силосі. 4. Розробка засобів програмного і апаратного забезпечення. 5. Розробка програмного забезпечення для візуалізації результатів вимірювання. 6. Охорона праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів: 1. Завдання для виконання роботи. 2. Структурна схема КС. 3. Алгоритм визначення кількості зерна в силосі. 4. Розробка засобів програмного і апаратного забезпечення. 5. Розробка програмного забезпечення для візуалізації результатів вимірювання. 6. Охорона праці.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Інститут
Кафедра
Спеціальність

ННІАЕ
морського приладобудування
123 Комп'ютерна інженерія

Освітня програма

Комп'ютерні системи та мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

Гайдай Г.Ю.

« 17 » 06 2026 рік

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Студенту

Корольчуку Даніілу Володимировичу

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Система контролю параметрів зберігання зернопродуктів

Керівник роботи Грешнов Андрій Юрійович, доцент

(Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора № 286 чл від « 22 » 04 2026 року

2. Термін подання роботи: 15.06.26

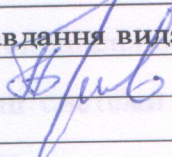
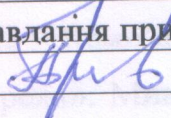
3. Вихідні дані по роботі: Характеристики термостату: - номінальна температура 60; тип датчиків дифузійні; довжина кабелю 10 м; діапазон вимірювання температури від -40°C до 125°C

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів):

1. Проблема контролю параметрів зерна при його зберіганні; 2. Розробка технічного завдання; 3. Розробка структурної і функціональної схеми КС; 4. Алгоритм визначення кількості зерна в силосі; 5. Розробка засобів алгоритмічного і апаратного забезпечення; 6. Розробка програмного забезпечення для відображення результатів вимірювання; 7. Охорона праці

5. Перелік презентаційних матеріалів: 1. Завдання для досягнення мети роботи. 2. Порівняльна таблиця існуючих систем. 3. Розрахунок кількості зерна в силосі з врахуванням коагуляції при зотопленні та спорів. 4. Продовження 5. Функціональна схема системи. 6. Структурна схема системи. 7. Розробка програмного забезпечення системи та інші документи.

6. Консультанти розділів роботи АНОТАЦІЯ

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
0707	Тубальцев А.М.		

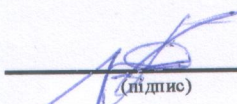
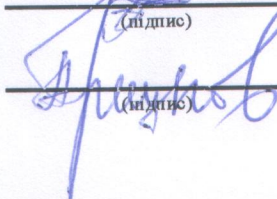
7. Дата видачі завдання « 9 » 02 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Проблема контролю параметрів зерна при його зберіганні	9.02 - 23.02	вик.
2.	Розробка технічного завдання	23.02 - 2.03	вик.
3.	Розробка структурної і функціональної схеми КС	2.03 - 16.03	вик.
4.	Алгоритм визначення кількості зерна в силосі	16.03 - 6.04	вик.
5.	Розробка засобів алгоритмічного і апаратного забезпечення	6.04. - 20.04	вик.
6.	Розробка програмного забезпечення для відображення результатів вимірювання	20.04 - 11.05	вик.
7.	Охорона праці	11.05 - 8.06	вик.

Студент

Керівник роботи


(підпис)

(підпис)

Корольчук Д.В.

(прізвище та ініціали)

Грешнов Д.С.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Корольчук Д.В. «Система контролю параметрів зберігання зернопродуктів». Кваліфікаційна робота зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», освітньої програми «Комп'ютерні системи та мережі». Миколаїв: НУК ім. адм. Макарова. 2026 рік. 117 сторінок.

Дана робота присвячена розробці комп'ютерної системи контролю параметрів сипучих продуктів. Були описані проблеми контролю параметрів зерна, а також проаналізовано проблему виміру рівня зерна в силосі, та врахування конусу зернового насипу. Розроблені технічне завдання, структурна і функціональна схеми, алгоритм роботи системи. Також розроблено метод виміру об'єму сипучого продукту в силосі. Для оперативного контролю параметрів зберігання сипучих продуктів розроблено програмне забезпечення. Також були обрані апаратні засоби системи. В кінці був проведений аналіз результатів розробки системи.

Ключові слова: зернопродукти, параметри зберігання, комп'ютерна система контролю, сипучі продукти, силос, вимірювання рівня, вимірювання об'єму, програмне забезпечення, апаратні засоби.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ABSTRACT

Korolchuk D.V. «Grain product storage parameters control system». Qualification work in specialty 123 «Computer Engineering», educational program «Computer Systems and Networks». – Mykolaiv: Admiral Makarov National University of Shipbuilding, 2026, 117 pages.

In this graduate work of the master was developed a computer system for the control of the storage parameters of bulk products. Were described the problems of controlling the parameters of grain, and the problem of measuring the level of grain in a silo and taking into account the cone of a grain mound. Were developed the terms of reference, structural and functional schemes, and system operation algorithm. Also was developed a method for measuring the volume of bulk product in the silo. Were developed for the operational control of the storage parameters of bulk products, software. Was also selected the system hardware. Was carried out at the end an analysis of the results of system development.

Keywords: grain products, storage parameters, computer control system, bulk products, silo, level measurement, volume measurement, software, hardware.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЗЕРНА ПРИ ЙОГО ЗБЕРІГАННІ	11
1.1 Проблема контролю параметрів зерна при його зберіганні	12
1.2 Огляд і аналіз існуючих систем	15
1.2.1 Система термометрії "ТСС-02"	15
1.2.2 САДКО – Элев	17
1.2.3 Програмно-технічний комплекс «Оберіг ГС».....	18
1.3 Вибір напрямку дослідження	19
Висновки за розділом 1	20
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	21
2.1 Загальні відомості про систему	22
2.2 Підстави для розробки	22
2.2.1 Документ, на підставі якого ведеться розробка	22
2.2.2 Організація, що затвердила документ з вимогами до випускної роботи	22
2.3 Призначення розробки	22
2.3.1 Функціональне призначення	22
2.3.2 Експлуатаційне призначення	22
2.4 Вимоги до КС	23
2.4.1 Вимоги до функціональних характеристик елементів системи	23
2.4.2 Умови експлуатації	24
2.4.3 Вимоги до складу і параметрів апаратних засобів системи	24
2.5 Стадії і етапи розробки	27
2.6 Порядок контролю і приймання	27
Висновки за розділом 2	27
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ І ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ КС.....	28
3.1 Розробка структурної схеми	29

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

3.2 Розробка функціональної схеми.....	32
3.2.1 Функціональна схема комутаційного блоку для контролю параметрів силосу	32
3.2.2 Функціональна схема щита живлення і вторинного перетворення	33
3.2.3 Функціональна схема щита живлення і сполучення	34
3.2.4 Загальна функціональна схема системи	35
Висновки за розділом 3	37
РОЗДІЛ 4. АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ЗЕРНА В СИЛОСІ	38
4.1 Величина конуса зерна	39
4.2 Технічні засоби, що застосовуються для контролю кількості зерна в силосі	41
4.3 Необхідність контролю рівня з урахуванням конуса	43
4.4 Розрахунок об'єму насипу сипучих продуктів	45
Висновки за розділом 4	52
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАСОБІВ АЛГОРИТМІЧНОГО І АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	53
5.1 Алгоритм роботи КС	54
5.2 Вибір апаратних засобів	58
5.2.1 Вибір рівнеміра	58
5.2.2 Вибір Ethernet серверу послідовних інтерфейсів	63
5.2.3 Вибір модуля аналогового вводу	65
5.2.4 Вибір комутатора	66
5.2.5 Вибір бар'єрів іскрозахисту	68
5.2.6 Вибір термопідвіски та контролера термопідвіски	70
5.2.7 Вибір блоку живлення	71
Висновки за розділом 5	72
РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ	73
6.1 Відомості про засоби розробки і допоміжне ПЗ	74
6.2 Алгоритм роботи програми	76

Висновки за розділом 6	88
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ	89
7.1 Загальні положення	90
7.2 Вимоги безпеки перед початком роботи	93
7.3 Вимоги безпеки під час роботи	93
7.4 Вимоги безпеки при закінченні роботи на ПК	95
7.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	95
Висновки за розділом 7	97
ВИСНОВКИ	98
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	99
ДОДАТОК А. Код програми	101

ВСТУП

Зараз в Україні зростає кількість елеваторів. Тому розробка системи оперативного контролю параметрів зберігання сипучих продуктів дуже актуальна в даний час. Особливо стрімко набирають популярність металеві сховища для зберігання зерна. Впровадження нових технологій будівництва силосів вимагає створення нових систем для контролю параметрів зберігання. Необхідно контролювати такі параметри як температура зернової маси і рівень зерна в силосі. Також в наш час кожна сучасна система оперативного контролю повинна мати зручне та надійне програмне забезпечення. Проблема контролю температури зерна дуже важлива, тому система контролю температур зерна грає одну з найважливіших ролей при зберіганні продукту. Несвоєчасне визначення самозігрівання зернової маси може привести до втрати зерна або руйнуванню силосів. Процес самозігрівання зерна, на початковій стадії його розвитку, досить тривалий і характеризується низькою швидкістю збільшення температури. З підвищенням температури швидкість зростання температури різко збільшується, і, відповідно, скорочується час, відведений для вжиття заходів щодо недопущення загоряння зернової маси. Система контролю температури дозволяє виявити тенденцію зростання температури ще на початковому етапі, що дозволяє запобігти процесу зростання температури, і привести її до нормальних показників. Що в свою чергу дозволить скоротити відсоток втрати зерна, і продовжити термін роботи силосів, а також скоротить витрати компаній, які займаються обслуговуванням елеваторів. Також важливим є контроль рівня зерна в силосі. Своєчасний і правильний контроль рівня дозволить попередити переповнення або недостатнє заповнення силоса. Для цього необхідно застосовувати оптимальні методи обчислення об'єму, які здійснюються за допомогою програмного забезпечення. Також важливо при цьому допускати мінімальну похибку.

У цій випускній роботі магістра розроблена система оперативного контролю параметрів зберігання сипучих продуктів, яка може скласти

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конкуренцію існуючим системам. Вона включає оптимально розташовані сучасні апаратні засоби контролю параметрів зберігання сипучих продуктів, і передачі цієї інформації в ПК, метод визначення об'єму зерна, а також зручне ПО, яке дозволяє оперативно визначити осередки самонагрівання зернової маси, вирахувати об'єм зерна в кожному силосі, налаштувати параметри об'єктів елеватора, та отримати статистику і звіти з інформацією про вимірювання.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р1							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Корольчук Д.В.			ПРОБЛЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЗЕРНА ПРИ ЙОГО ЗБЕРІГАННІ				Літ.		Арк.	Аркушів
Керівник		Грешнов А.Ю.										
Консульт.									НУК ім. ам. Макарова			
Н. контроль		Грешнов А.Ю.										
Зав. каф.												

РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЗЕРНА ПРИ ЙОГО ЗБЕРІГАННІ

1.1 Проблема контролю параметрів зерна при його зберіганні

Зернові продукти, закладені на зберігання, вимагають періодичного контролю і, при необхідності, виконання певних технологічних операцій. Розглянемо найважливіші з них:

1. Температура зерна (насіння) — найважливіший показник нормальних умов зберігання. Підвищення її, не пов'язане з підвищенням температури навколишнього середовища, свідчить про серйозні порушення режиму зберігання і можливість швидкого псування насіння. Контроль температури зерна що зберігається, а, по суті, моніторинг температурного поля у всьому об'ємі зерна, що зберігається здійснюється безліччю занурених датчиків температури, що розміщуються на тросс-кабелях, які називаються термопідвісками. Зазвичай використовують один з трьох видів датчиків температури:

- Мідні датчики опору. На базі таких датчиків були виконані термопідвіски для бетонних елеваторів споруди 70-80-х років минулого століття. Десятки тисяч таких термопідвісок експлуатуються і сьогодні, незважаючи на те, що нормативний термін їх експлуатації давно закінчився. Для цих термопідвісок розроблені та виготовлені електронні системи контролю температури. Також випускаються модернізовані термопідвіски на основі тросс-кабелю в поліетиленовій оболонці. Недоліками термопідвісок на базі мідних датчиків опору є мала кількість датчиків і необхідність застосування мідних підвідних провідників великого перерізу.

- Датчики на основі термопар. Термопідвіски на основі термопар поставляються в складі систем термометрії для металевих силосів. Найчастіше такі термопідвіски розраховані на використання переносного приладу, що підключається періодично до роз'ємів, що встановлюються на кожному силосі.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р1	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Напівпровідникові датчики температури. Найбільшого поширення в останні роки отримали напівпровідникові цифрові датчики з вбудованим мікропроцесором (звані ще інтелектуальними), що дозволяють отримувати на виході цифровий сигнал, що містить код вимірюної датчиком температури. Термопідвіски являють собою кабель-трос з вбудованими цифровими датчиками.

Основною причиною, яка знижує якісні показники зерна при його зберіганні в силосах елеватора, є процес самозігрівання зернової маси.

Своєчасно, на початковій стадії, не виявлений процес самозігрівання зерна призводить не тільки до зниження його якісних показників, а й до суттєвого підвищення температури зерна (понад 35 ° C) в зоні вогнища самозігрівання.

У тому випадку, коли осередок самозігрівання своєчасно не виявлен, зростання температури триває і відбувається спалах зернової маси, яке, в кінцевому підсумку, може призвести до руйнування конструкцій силосів (ангарів) зерноскладища.

Процес самозігрівання зерна, на початковій стадії його розвитку, досить тривалий і характеризується низькою швидкістю збільшення температури. З підвищенням температури швидкість зростання температури різко збільшується, і, відповідно, скорочується час, відведений для вжиття заходів щодо недопущення загоряння зернової маси.

Періодичне опитування датчиків температури термопідвісок дозволяє в кожній з контрольованих точок виявляти виникнення стійкої тенденції зростання температури [3].

2. Аерація зерна в силосах та вентиляція надзернового простору. Для надійного зберігання зерна в металевих силосах необхідно забезпечити управління температурою зерна в силосах і вмістом вологи в зерновому насипі. Знижувати температуру зерна можна шляхом його аерації в холодну пору доби, проте це може викликати інтенсивну конденсацію вологи на металевих стінках

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

силосів. Для недопущення цього небажаного явища необхідно вентилювати надзерновий простір і управляти процесом зберігання з урахуванням температурного поля зерна і його вологості, температури і вологості зовнішнього повітря.

Завдання ускладнюється тим, що необхідно мінімізувати витрати електроенергії на роботу вентиляторів і не допустити пересушування зерна. Для надійного зберігання зерна та мінімізації витрат необхідно балансувати між температурою зерна і вмістом вологи. Наприклад, недостатня аерація або неврахування погодних факторів не знижують вологість зерна до оптимального для зберігання значення і можуть привести до утворення конденсату. Надлишкова аерація, особливо при гарній погоді, коли вологість повітря низька, виводить вологу з зерна, викликаючи його пересихання, тобто завдає шкоди. Також це призводить до перевитрати електроенергії. Наведені міркування можуть здатися досить очевидним, але практично, без правильно налагодженої системи автоматичного управління процесом зберігання, не можна досягти оптимального результату. Тільки при взаємодії системи моніторингу температури зерна, системи контролю параметрів зовнішнього повітря і надзернового простору в силосах та системи управління вентиляторамі може бути досягнутий оптимальний результат.

3. Інспекція зерна в силосах. При зберіганні зерна актуальним є також питання визначення зараженості зерна, контроль ситуації, пов'язаної з розмноженням шкідників в масі де зберігається зерна. Життєдіяльність комах завжди підвищує температуру зберігання зерна. Тепліша його частина може перетворитися в осередок розвитку комах. Для їх знищення можуть застосовуватися фуміганти, витрати на які можна скоротити за рахунок ретельного моніторингу температури зерна. Щільність зараження комахами і їх відтворення збільшуються у вологому зерні. У процесі поїдання зернівок комаху виділяють у великих кількостях тепло і енергію, що сприяють постійному

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

збільшенню їх маси. Однак, практично всі комахи переходять в стан спокою при порівняно низьких температурах.

4. Рівень сипучих продуктів в силосі.

Одним з важливих ділянок автоматизації на будь-якому підприємстві по зберіганню і переробці зерна є контроль рівня продукту, який повинен бути забезпечений при звичайних і аварійних станах.

При використанні датчиків рівня можливо забезпечити:

- візуальне спостереження на центральному ПК за кількістю продукту в силосах;
- вказівка на надмірну подачу продукту;
- вказівка на недостатню подачу;
- автоматичний контроль рівня;
- сигналізацію високого рівня, щоб уникнути надмірної подачі продукту;
- вказівка на порушення подачі сипучих продуктів.

Сьогодні найбільш поширеним призначенням цього обладнання є автоматичний контроль рівня продукту в силосах. Сипучі матеріали завантажуються через верхню частину силосу і вивантажуються при необхідності через днище. Коли маса надходить матеріалу досягає верхнього рівня, завантаження припиняється.

Більш детально проблема визначення рівня сипучих продуктів в силосі розглядається в розділі 4.

1.2 Огляд і аналіз існуючих систем контролю параметрів сипучих продуктів

1.2.1 Система термометрії "ТСС-02"

Система термометрії "ТСС-02" дозволяє організувати цифрові термопідвіски в єдину мережу для вимірювання температури зерна в усіх силосах зерносховища або елеватора. Для цього термопідвіски підключаються

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

до спеціальних блоків збору інформації, які утворюють на базі інтерфейсу RS-485, визнаного на даний момент промисловим стандартом, єдину мережу з виведенням інформації про температуру зерна і стані термopідвісок на персональний комп'ютер оператора.

Будова системи контролю температури ТСС-2

На базі інтерфейсу RS-485 комплектується блок збору інформації, до якого підключаються термopідвіски. Формується єдина мережа, що виводить інформацію про температуру на комп'ютер оператора. Системи вимірювання температури ТСС-2 складаються з ряду взаємопов'язаних елементів.

- Термopідвіски – комплект датчиків, поміщених в захисну поліетиленову оболонку з залитим всередину грузонесучим тросом. Вхідні в конструкцію датчики температури підключаються паралельно по трипровідній схемі і кріпляться до тросу з певним інтервалом один від одного.

- Блок збору інформації системи ТСС складається з наступних модулів: збору даних, захисту посилення інтерфейсу, сальників для введення зовнішніх кабелів.

- Програмне забезпечення ТСС дозволяє в режимі реального часу відслідковувати температурний режим всередині зернової маси.

Переваги системи ТСС-2

1. Надійність роботи системи, яку забезпечує трипровідна схема підключення термopідвісок, постійно живляча цифрові датчики.

2. Можливість використання пристроїв на відкритому повітрі без організації будь-яких укриттів або підігріву. Адже блоки для збору інформації поміщені в металеві корпуси і оснащені вбудованою системою обігріву.

3. Діагностика обладнання і контроль за експлуатацією системи здійснюється в автоматичному режимі.

4. Гнучкість налаштувань програмного забезпечення. Задаються типи і характеристики продуктів, які зберігаються, для кожного силосу позначається тип продукту, для кожного продукту налаштовуються параметри зберігання.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

5. Можливість організації декількох робочих місць (оператор, технолог, лабораторія), в тому числі на віддаленій основі.

6. Повний контроль параметрів зберігання продукту з відсіканням незаповненого силосом простору. Забезпечується функцією оцінки заповнювання металевих ємностей.

7. Безпека і тривалий термін служби системи контролю температури забезпечуються використанням негорючого кабелю, стійкого до ультрафіолету.

1.2.2 САДКО – Элев

Система Автоматизованого Дистанційного Контролю параметрів зберігання зернопродуктів в елеваторах [13]. Система побудована з використанням методів імпульсної рефлектометрії, і забезпечує вимір рівня і температури одним чутливим елементом.

До складу системи входять:

- ЕОМ з математичним забезпеченням;
- базовий електронний блок;
- системні датчики рівня і температури;
- лінії зв'язку.

Датчик рівня і температури складається з електронного блоку чутливого елемента і цифрових термометрів типу DS1820.

Чутливий елемент системного датчика є гнучкою двухпровідною конструкцією, виконану зі сталевого полого канату спеціальної конструкції зовнішнім діаметром 14 мм.

Зустрічне намотування канатів зменшує крутний момент при русі зернової маси. Застосовувана конструкція забезпечує простоту монтажу датчика і витримує відривні зусилля близько 5000 кг.

Цифрові термометри розташовані всередині троса рівномірно по всій довжині. Електронний блок датчика виконує вимірювання рівня і управління цифровими термометрами.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Передача результатів вимірювань рівня та температури, сигналів управління, напруги живлення виконується по одній лінії зв'язку – радіочастотного кабелю типу РК-75.

Потужність, споживана датчиком, в режимі вимірювань становить ~ 1 Вт.

Базовий електронний блок виконує функції апаратного управління системними датчиками і забезпечує передачу даних в ЕОМ.

Графічний програмний інтерфейс дозволяє отримувати інформацію про параметри зберігання зернопродуктів в текстовій і графічній формі, ввести базу даних, працювати в мережі і т.д.

Математичне забезпечення працює в середовищі Windows.

Відносна похибка вимірювання рівня близько 0,5%. Абсолютна похибка вимірювання температури $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Кількість датчиків в системі необмежена, довжина чутливого елемента визначається висотою силосу.

1.2.3 Програмно-технічний комплекс «Оберіг GC»

Програмно-технічний комплекс «Оберіг GC» дає можливість своєчасно виявити осередок самозігрівання зерна шляхом розрахунку кількох алгоритмами тенденції зростання температури продукту.

Дозволяє контролювати в режимі реального часу температуру зерна, яке зберігається як в силосному корпусі або складі в цілому, так і селективно в кожному силосі або зоні складу.

Графічні тренди, засновані на періодичних вимірах, дозволяють візуалізувати температурний стан зерна, а система тривожної сигналізації завчасно, до настання критичних і незворотних процесів, попередить про виявлення небезпечних тенденцій.

До складу комплексу входять:

- термопідвіски, що представляють собою кабель-трос з розміщеними в них цифровими датчиками температури фірми Dallas Semiconductor;

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- блоки збору інформації, що забезпечують безперервне опитування датчиків і передачу інформації;
- станція обробки і візуалізації інформації.

Переваги:

- повномасштабний контроль біологічного стану зернової маси;
- використання цифрової технології обробки сигналів;
- використання оригінальних алгоритмів обробки і візуалізації інформації;
- точність вимірювання підвищується в 3-5 разів в порівнянні з аналоговою технологією;
- можливість оцінити якість зберігання продукту в елеваторі;
- зниження витрат на кабельно-провідникову продукцію;
- зниження термінів впровадження;
- низькі експлуатаційні витрати.

1.3 Вибір напрямку дослідження

Цілі дослідження:

- визначення проблем контролю параметрів зберігання сипучих продуктів;
- визначення проблем контролю рівня зерна;
- розробка структурної і функціональної схем;
- розробка алгоритму роботи системи та вибір апаратних засобів КС;
- розробка методу визначення об'єму зернового насипу;
- розробка програмного забезпечення;
- аналіз розробленої КС.

Об'єкт дослідження: КС оперативного контролю параметрів зберігання сипучих продуктів.

Предмет дослідження: розробка та аналіз конкурентоспроможної і оптимальної по витраченим коштам КС оперативного контролю параметрів зберігання сипучих продуктів.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Висновки за розділом 1

У розділі було розглянуто проблеми контролю параметрів зерна при його зберіганні. Розглянуто основні існуючі системи для контролю параметрів зберігання сипучих продуктів, а також сформульовано напрямки дослідження. Контроль параметрів зерна грає важливу роль. Несвоєчасне визначення самозігрівання зернової маси може привести до втрати зерна, а неправильний контроль рівня може призвести до неправильного визначення об'єму та руйнування силосів, що в свою чергу призводить до додаткових витрат коштів. Тому встановлення на елеватори системи оперативного контролю параметрів зерна є дуже важливим.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р2		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НУК ім. ам. Макарова		
Розробив		Корольчук Д.В.					
Керівник		Грешнов А.Ю.					
Консульт.							
Н. контроль		Грешнов А.Ю.					
Зав. каф.							

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

2.1 Загальні відомості про систему

Найменування – КС для контролю параметрів зберігання сипучих продуктів.

Дана система може бути використана для контролю параметрів зберігання сипучих продуктів, таких як температура і рівень вмісту зерна в силосах.

2.2 Підстави для розробки

2.2.1 Документ, на підставі якого ведеться розробка

Документом, на підставі якого ведеться розробка, є документ з вимогами до випускної роботі магістра.

2.2.2 Організація, що затвердила документ з вимогами до випускної роботи

Організація – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, кафедра морського приладобудування.

2.3 Призначення розробки

2.3.1 Функціональне призначення

Дана система призначена для здійснення збору параметрів з термopідвісок і рівнемірів, передачу їх через модулі вводу / виводу на ПК, контроль і обробку зібраної інформації за допомогою розробленого програмного забезпечення.

2.3.2 Експлуатаційне призначення

Дана система призначена для експлуатації на елеваторах. Термopідвіски, контролери термopідвісок і рівнеміри розташовуються в силосних корпусах. Ethernet сервер послідовних інтерфейсів розташовується в щиті живлення і

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р2	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вторинного перетворення. Комутатор та модуль аналогового вводу розташовуються в щиті живлення і сполучення. Програмне забезпечення використовується на ПК оператора.

2.4 Вимоги до КС

2.4.1 Вимоги до функціональних характеристик елементів системи

Рінемір повинен виконувати наступні функції:

- вимір рівня зерна в силосі;
- передача даних на модуль аналогового вводу.

Контролер термopідвіски повинен виконувати наступні функції:

- збір інформації про температуру з датчиків;
- передача даних на Ethernet сервер послідовних інтерфейсів.

Модуль аналогового вводу повинен виконувати наступні функції:

- отримання даних з рівнемірів;
- перетворення аналогового сигналу в цифровий;
- перетворення даних до Ethernet протоколу;
- передача інформації в комутатор.

Ethernet сервер послідовних інтерфейсів повинен виконувати наступні функції:

- отримання даних з контролерів термopідвісок;
- перетворення даних до Ethernet протоколу;
- передача інформації в комутатор.

Комутатор повинен виконувати наступні функції:

- отримання інформації з Ethernet серверу послідовних інтерфейсів;
- отримання інформації з модуль аналогового вводу;
- з'єднання декількох вузлів мережі в межах одного сегмента;
- передача інформації в ПК.

Програмне забезпечення повинно виконувати наступні функції:

- відображення даних про температуру і рівень зерна в силосах;

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

- розрахунок об'єму зерна в силосі;
- зберігання даних вимірювання;
- зберігання даних про кожен силос;
- формування звітів про виміри;
- відображення динаміки зміни даних вимірювання.

2.4.2 Умови експлуатації

Система призначена для безперебійної цілодобової роботи з плановими зупинками для проведення регламентних робіт. Система термометрії може використовуватися в жорстких умовах експлуатації і допускає високий рівень індустріальних перешкод, вона зберігає свої характеристики при граничній температурі навколишнього повітря від -20 °C до +60 °C. Система виміру рівня може працювати в складних умовах з високим запиленням середовища.

2.4.3 Вимоги до складу і параметрів апаратних засобів системи

До складу системи, що розробляється входять наступні пристрої: термопідвіски, рівнеміри, Ethernet сервери послідовних інтерфейсів, модуль аналогового вводу, комутатор, бар'єри іскрозахисту та блоки живлення.

Характеристики термопідвіски:

- кількість датчиків температури: 10;
- тип датчиків: цифровий;
- довжина кабелю: 20 м;
- діапазон вимірюваних температур: від -40° C до 125° C;
- точність вимірювання температури: $\pm 0,5$ °C (максимум) від -20 °C до 100 °C, ± 1 °C (максимум) від -40 °C до 125 °C;
- напруга живлення датчиків: 2,7...5,5 В;
- струм навантаження датчиків: 50 мкА.

Характеристики рівнемірів:

- застосування: ємності середньої висоти з сипучими продуктами;
- діапазон вимірювання: до 30 м;

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

- приєднання: різьблення G1½A або фланець;
- робоча температура: -40 ... + 250 ° C;
- робочий тиск: -1 ... + 100 бар (-100 ... + 10000 кПа);
- точність вимірювання: ± 2 мм.

Характеристики Ethernet серверу послідовних інтерфейсів:

- COM портів RS-232/485: 1;
- COM портів RS-485: 9;
- максимальна швидкість RS-485: 115200;
- портів 10/100 Mbit / s: 2;
- роз'єм порту 10/100 Mbit / s: 2xRJ-45;
- робоча температура: -25 ... + 75 ° C;
- вхідна напруга живлення: DC 12 ... 48 В;
- підтримка Modbus TCP: Slave.

Характеристики модуля аналогового вводу:

- каналів аналогового вводу: 20;
- портів 10/100 Mbit / s: 2;
- роз'єм порту 10/100 Mbit / s: RJ-45;
- підтримка Modbus TCP: Slave;
- діапазон вхідного сигналу по напрузі: +/- 150 мВ, +/- 500 мВ, +/- 1 В, +/- 5 В, +/- 10 В;
- діапазон вхідного сигналу по току: 0 ... 20 мА, 4 ... 20 мА, -20 ... + 20 мА;
- вхідна напруга живлення DC: 12 ... 48;
- потужність: 3.8 Вт;
- температура експлуатації: -25 ... 75 ° C.

Характеристики комутатора:

- портів Ethernet всього: 8;
- портів 10/100 Mbit / s: 8;
- роз'єм порту 10/100 Mbit / s: 8xRJ-45;
- тип Ethernet: 10BASE-T, 100BASE-TX;
- керований: ні;

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

- вхідна напруга живлення DC: 10 ... 30 В;
- потужність: 3.6 Вт;
- температура експлуатації: -40 ... 75 ° С.

Характеристики блоку живлення:

- кількість фаз: 1;
- мінімальна вхідна напруга: 85.0 В;
- максимальна вхідна напруга: 264.0 В;
- вихідний струм, не більше: 1.7 А;
- вихідна напруга: 24.0 В;
- вихідна потужність: 40.8 Вт;
- температура експлуатації: -20 ... 70 ° С.

Характеристики бар'єру іскрозахисту BSZ.621.102.242:

- кількість каналів бар'єру іскрозахисту: 1;
- напруга холостого ходу V_0 в іскробезпечному ланцюгу: 24 В;
- напруга зовнішнього джерела живлення двопровідної струмової петлі: 24 ± 2 В;
- струм в іскробезпечному ланцюгу I_0 не більше: 55 мА;
- опір послідовного ланцюга V не більше: 170 Ом;
- опір послідовного ланцюга R не більше: 75 Ом;
- опір навантаження R_n вихідний струмовій петлі не більше: 270 Ом;
- робоча температура навколишнього повітря: -40 ... 60 ° С.

Характеристики бар'єру іскрозахисту BSZ.621.104.152:

- кількість каналів бар'єру іскрозахисту: 1;
- напруга холостого ходу V_0 в іскробезпечному ланцюгу: 15 В;
- струм в іскробезпечному ланцюгу I_0 не більше: 55 мА;
- опір послідовного ланцюга A не більше: 125 Ом;
- опір послідовного ланцюга B не більше: 75 Ом;
- робоча температура навколишнього повітря: -40 ... 60 ° С.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

2.5 Стадії і етапи розробки

1. Розробка структурної схеми КС;
2. Розробка функціональної схеми КС;
3. Обґрунтування необхідності вимірювання рівня з урахуванням конуса;
4. Розробка алгоритму роботи КС;
5. Розробка методу визначення об'єму;
6. Вибір апаратних засобів;
7. Розробка програмного забезпечення;
8. Аналіз результатів розробки.

2.6 Порядок контролю і приймання

Розроблена система повинна бути випробувана після створення на етапі визначення експлуатаційних якостей і параметрів. У процесі випробування повинні бути перевірені відповідності заявленим функціям і вимогам.

Висновки за розділом 2

У цьому розділі було розроблено технічне завдання на розробку КС контролю параметрів зберігання сипучих продуктів. Визначено призначення розробки, вимоги до елементів системи, умови експлуатації, вимоги до складу і параметрам апаратних засобів системи, вимоги до програмного забезпечення.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р2	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.РЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ І ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ КС Літ. Арк. Аркушів НУК ім. ам. Макарова		
Розробив	Корольчук Д.В.						
Керівник	Грешнов А.Ю.						
Консульт.							
Н. контроль	Грешнов А.Ю.						
Зав. каф.							

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ І ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ КС

3.1 Розробка структурної схеми

КС контролю параметрів зберігання сипучих продуктів має наступну структурну схему:

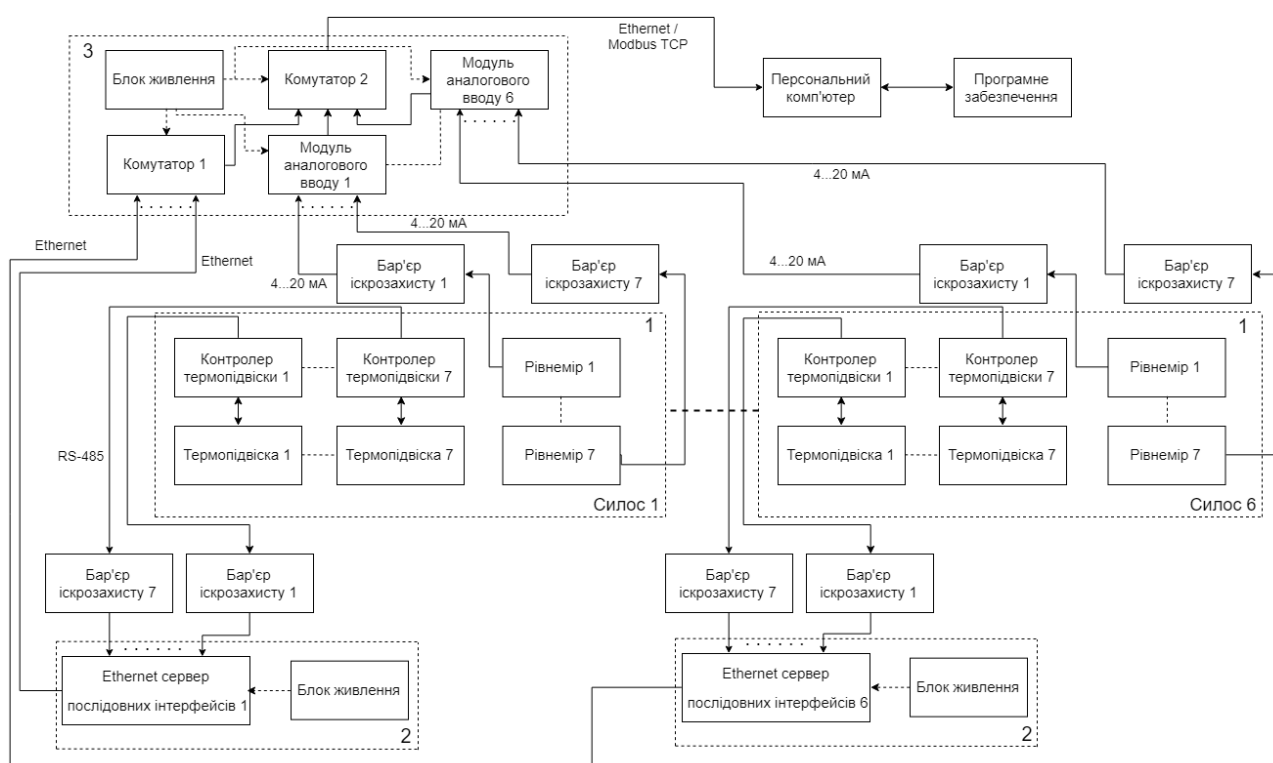


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи

Для розробки СКС оперативного контролю параметрів зберігання сипучих продуктів обираємо такі характеристики силосів (таблиця 3.1):

Таблиця 3.1 – Рекомендована кількість термопідвісок

Діаметр циліндра, мм	Висота, мм	Місткість	
		м3	тон, при щільності зерна 0.76 з урахуванням 5% ущільнення
14 670	20 740	3 000	2 394

Кількість силосів обираємо рівну 6. Виходячи з кількості силосів в системі вираховуємо кількість термopідвісок, необхідних для встановлення на один силос, також вираховуємо необхідну кількість апаратних засобів, необхідних для з'єднання датчиків температури і рівнемірів з ПК. В таблиці 4.2. показана таблиця рекомендованої кількості термopідвісок в залежності від діаметру силосу [11].

Таблиця 3.2 – Рекомендована кількість термopідвісок

Циліндричний силос, діаметр в метрах	6	8	10	12	14	16	18	20	25	30	35	40
Рекомендована кількість термopідвісок	1	3	4	5	6	7	8	11	17	22	30	34

Радіус обраного силосу 14,67 метрів, тому обираємо 7 термopідвісок на один силос. Загальна кількість термopідвісок 42 штуки. Виходячи з того, що у нас 6 силосів беремо 6 рівнемірів, 6 Ethernet серверів послідовних інтерфейсів для підключення термopідвісок, шість модулів аналогового вводу для підключення рівнемірів та два комутатора, також візьмемо 7 блоків живлення та 84 бар'єра іскрозахисту.

Структурна схема системи складається з декількох блоків: шести комутаційних блоків для контролю параметрів силосу (позначено номером 1 на схемі), шести блоків щитів живлення і вторинного перетворення (позначено номером 2 на схемі), одного блока щита живлення і сполучення (позначено номером 3 на схемі) та ПК оператора. Структурна схема має топологію "зірка" [2]. Її перевага у великій гнучкості при модернізації і при усуненні неполадок. Кінцеві станції об'єднуються через проміжні пристрої. Вихід з ладу одного вузла не перешкоджає роботі всієї системи в цілому.

Комутаційний блок для контролю параметрів силосу представляє з себе встановлені на дах силосу сім контролерів термопідвісок і відповідні їм термopідвіски, а також 7 рівнемірів. Кожна термopідвіска передає інформацію з

цифрових датчиків температури до контролерів термopідвіски. Кожен контролер передає інформацію з датчиків до Ethernet серверу послідовних інтерфейсів, який знаходиться у щиті живлення і вторинного перетворення. Передача інформації до них здійснюється за допомогою стандарту передачі RS-485. Рівнеміри передають інформацію про рівень зерна в силосі за допомогою аналогової струмової петлі рівня 4-20 мА до модулів аналогового вводу, які знаходяться в щиті живлення і сполучення.

Силоси виступають як іскробезпечні зони, тому між іскробезпечними і іскробезпечних зонами встановлюються бар'єри іскрозахисту. На структурній схемі вони розташовані між контролерами термopідвісок та Ethernet серверами послідовних операцій, а також між рівнемірами та модулями аналогового вводу.

Другий блок представляє з себе щит живлення і вторинного перетворення, до якого входять Ethernet сервер послідовних інтерфейсів та блок живлення. Цей блок призначений для збору та перетворення інформації з контролерів термopідвісок. Щит встановлюється поряд з кожним силосом, тому кількість таких щитів визначається кількістю силосів. Ethernet сервер послідовних операцій отримує інформацію від контролерів термopідвісок, та перетворює сигнал до протоколу Ethernet. Далі Ethernet сервер послідовних операцій передає перетворену інформацію до комутатора, який знаходиться у щиті живлення і сполучення. Передача інформації до комутатора здійснюється за допомогою протоколу Ethernet.

Третій блок представляє з себе щит живлення і сполучення, до якого входять комутатори, модулі аналогового вводу та блок живлення. Він призначений для збору інформації з рівнемірів, та комутації всіх даних для передачі в ПК. Модуль аналогового вводу отримує інформацію від рівнемірів та перетворює сигнал аналогової струмової петлі до протоколу Ethernet, після цього передає її до комутатора за допомогою протоколу Ethernet. Комутатор отримує інформацію від Ethernet серверів послідовних операцій та модуля аналогового вводу, та передає її до ПК за допомогою протоколу Ethernet.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.РЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Персональний комп'ютер оператора отримує інформацію від комутатора за допомогою Ethernet та протоколу Modbus TCP. Доступ до окремої інформації здійснюється за допомогою IP-адреси.

3.2 Розробка функціональної схеми

3.2.1 Функціональна схема комутаційного блоку для контролю параметрів силосу

Функціональна схема комутаційного блоку для контролю параметрів силосу має вигляд:

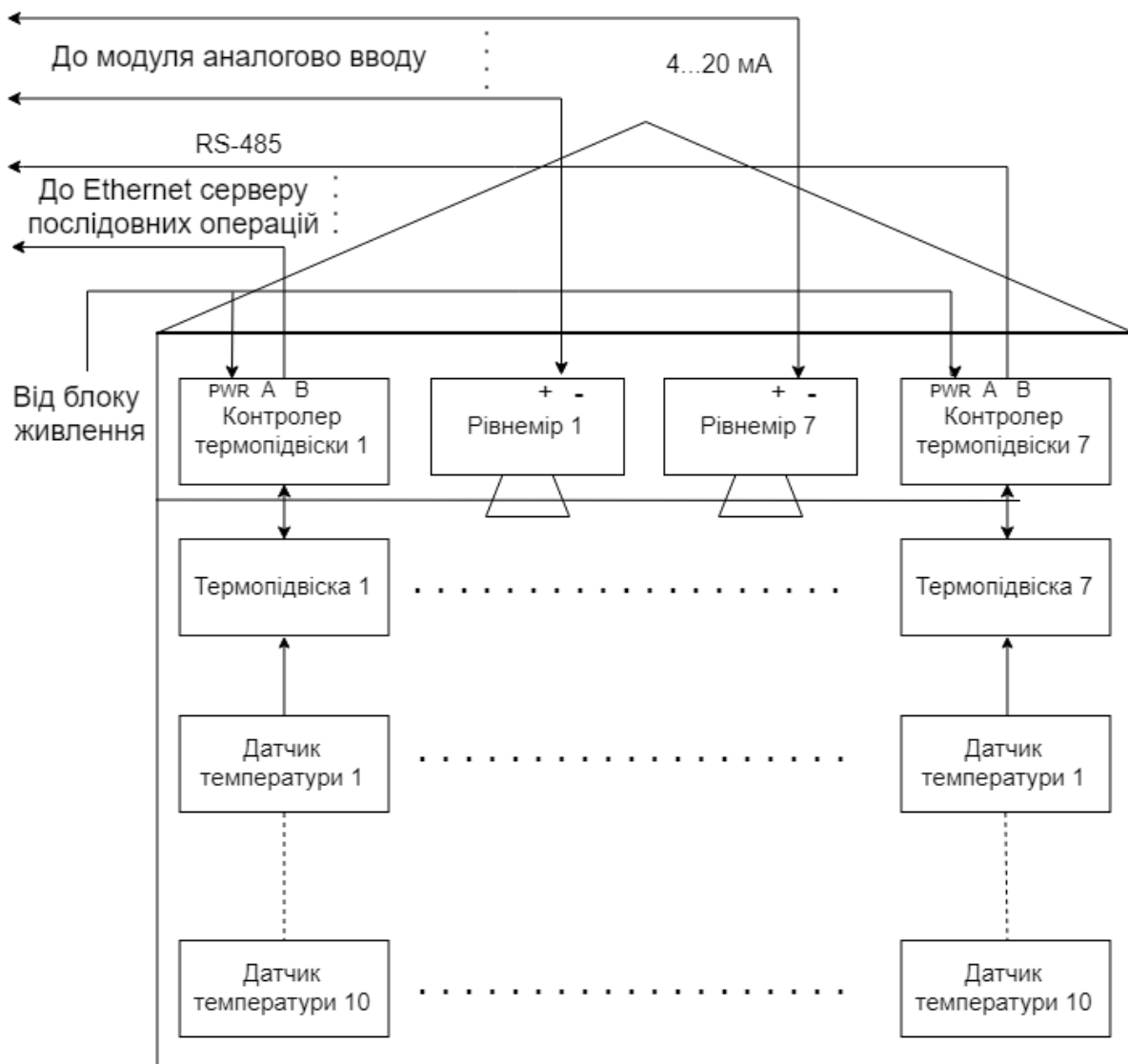


Рисунок 3.2 – Функціональна схема комутаційного блоку для контролю параметрів силосу

Функціональна схема комутаційного блоку для контролю параметрів силосу включає в себе сім рівнемірів та сім термopідвісок. Цей блок призначений для виміру температури зерна в різних місцях силосу, а також для виміру рівня зерна в силосі.

Кожна термopідвіска включає в себе контролер термopідвіски, та десять датчиків температури. Контролер термopідвіски встановлюється на даху силосу. Він опитує кожен датчик температури і отримує інформацію про температуру зерна в місці розташування датчика. Далі контролер термopідвіски передає зібрану інформацію до Ethernet серверу послідовних інтерфейсів за допомогою стандарту RS-485.

Рівнемір встановлюється на даху силосу, та вимірює рівень за принципом радарного безконтактного вимірювання рівня. Отриману інформацію про рівень він передає до модуля аналогового вводу за допомогою аналогової струмової петлі 4...20 мА.

3.2.2 Функціональна схема щита живлення і вторинного перетворення

Функціональна схема щита живлення і вторинного перетворення має вигляд:

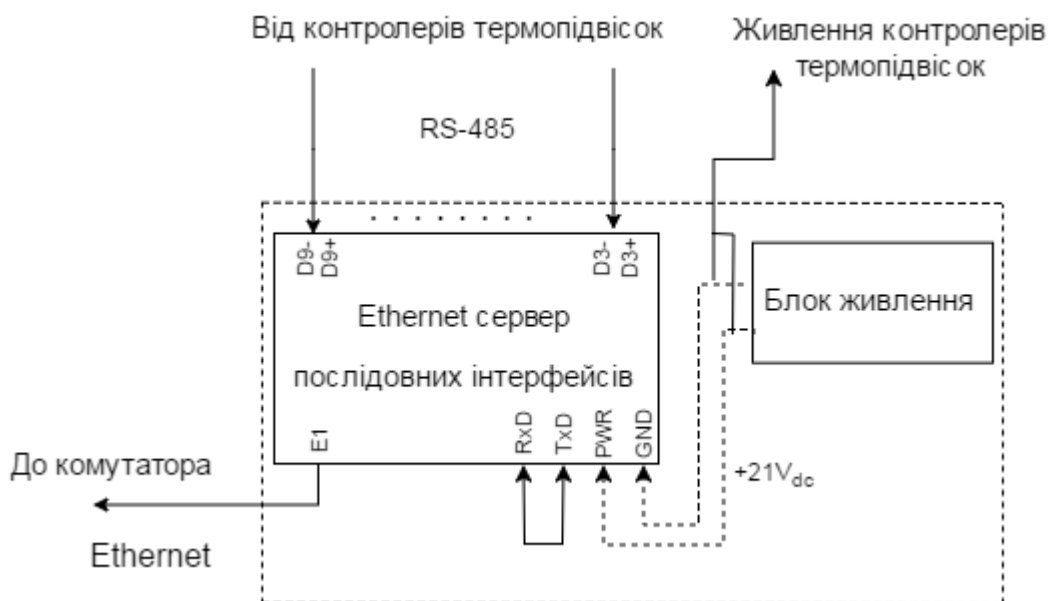


Рисунок 3.3 – Функціональна схема щита живлення і вторинного перетворення

Функціональна схема щита живлення і вторинного перетворення включає в себе Ethernet сервер послідовних інтерфейсів та блок живлення. Цей щит призначений для збору та перетворення інформації з контролерів термopідвісок до стандарту Ethernet.

Ethernet сервер послідовних інтерфейсів призначений для підключення пристроїв з портами RS-485 до Ethernet-мережі. Він включає в себе 9 COM портів RS-485, 2 порти RJ-45, контакти RxD і TxD COM1 для самоперевірки, та порти живлення + 10 ~ + 30 В для постійного струму. Живлення надходить від блоку живлення на вхід PWR, і на землю GND. До портів RS-485 надходить інформація від контролерів термopідвісок. Перетворена до Ethernet-мережі інформація надходить до комутатора від порту RJ-45.

3.2.3 Функціональна схема щита живлення і сполучення

Функціональна схема щита живлення і сполучення має вигляд:

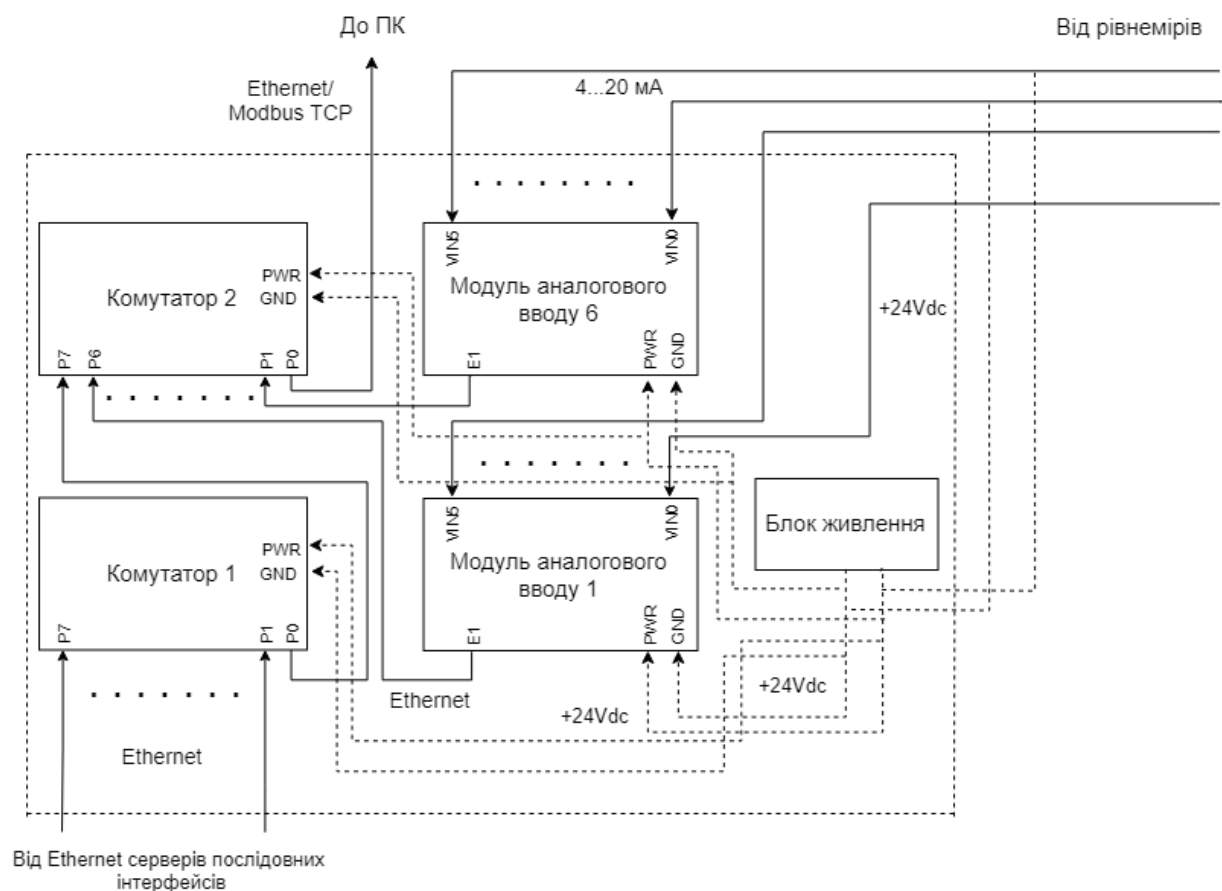


Рисунок 3.4 – Структурна схема щита живлення і сполучення

Функціональна схема щита живлення і сполучення включає в себе комутатори, модулі аналогового вводу та блок живлення. Цей щит призначений для збору інформації з рівнемірів, та комутації всіх даних для передачі в ПК.

Модуль аналогового вводу призначений для збору інформації з рівнемірів, які встановлені на кожному силосі. Він включає в себе 20 портів аналогового входу 4...20 мА, порти RJ-45 та порти живлення + 12 ~ + 48 В для постійного струму. Живлення надходить від блоку живлення на вхід PWR, і на землю GND. До портів аналогового входу надходить інформація від рівнемірів за допомогою аналогової струмової петлі 4...20 мА. Вхідна інформація перетворюється до протоколу Modbus TCP, та надходить за допомогою стандарту Ethernet до комутатора від порту RJ-45.

Комутатор призначений для з'єднання декількох вузлів мережі в межах одного сегмента мережі. Він включає в себе 8 портів RJ-45, та порти живлення + 10 ~ + 30 В для постійного струму. Живлення надходить від блоку живлення на вхід PWR, і на землю GND. До портів RJ-45 надходить інформація від модулів аналогового вводу та Ethernet серверів послідовних інтерфейсів. За допомогою порту RJ-45 інформація надходить до ПК. При цьому використовується протокол Modbus TCP та стандарт Ethernet.

3.2.4 Загальна функціональна схема системи

Загальна функціональна схема СКС оперативного контролю параметрів зберігання сипучих продуктів має вигляд:

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.РЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

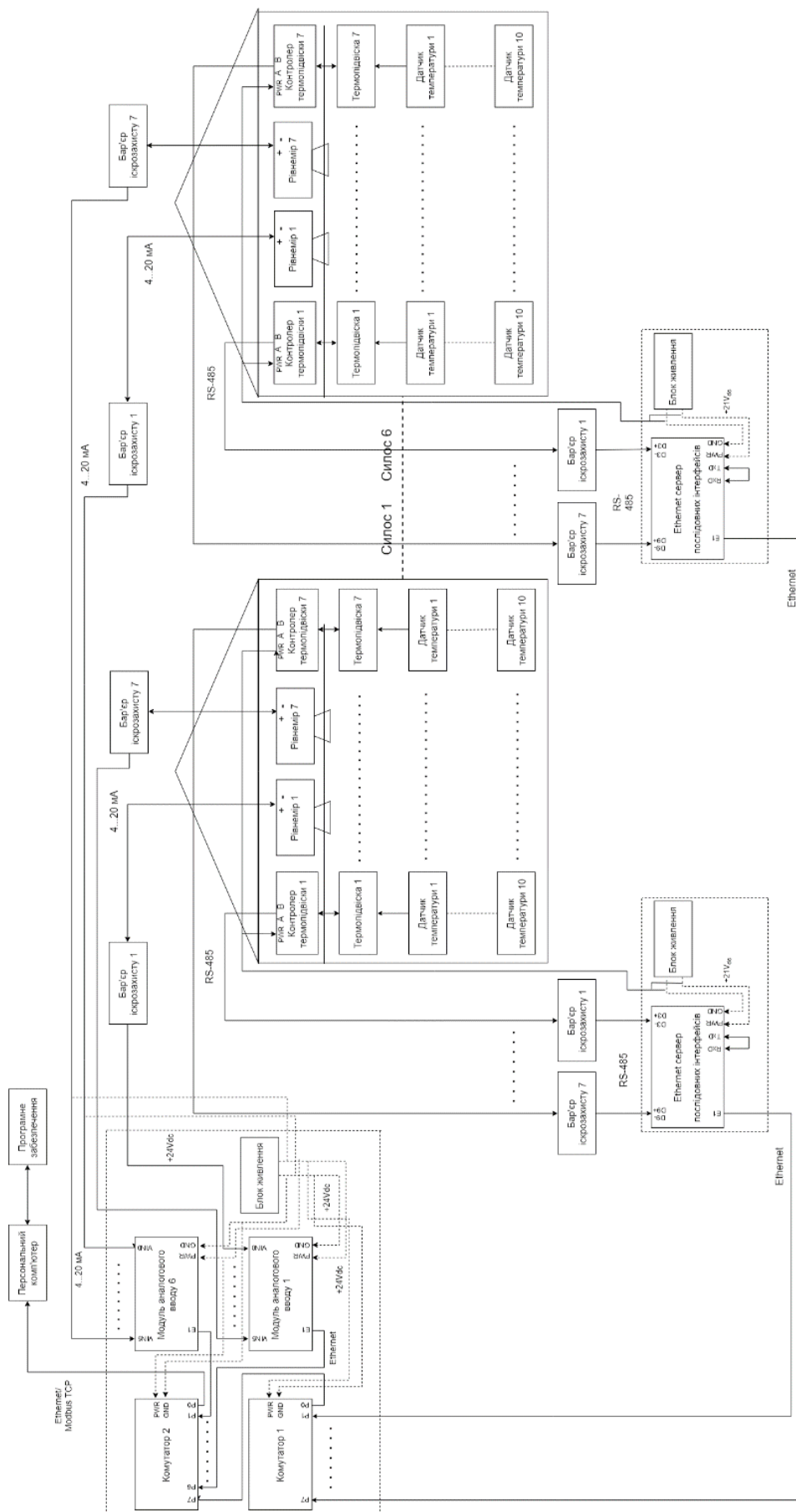


Рисунок 3.5 – Загальна функціональна схема

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

13.ДР.123.4651.04.ПЗ.РЗ

Арк.

36

Висновки за розділом 3

Розроблені структурна і функціональні схеми КС оперативного контролю параметрів зберігання сипучих продуктів мають оптимальне розташування елементів схеми. Що дозволяє забезпечити систему набором необхідних функцій і зменшити вартість системи в цілому. Розроблені схеми забезпечують необхідний набір зв'язків між елементами системи для забезпечення управління, налаштування і передачі інформації між термopідвісками та рівнемірами з одного боку і ПК оператора з іншого.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.РЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р4		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ЗЕРНА В СИЛОСІ		
Розробив	Корольчук Д.В.						
Керівник	Грешнов А.Ю.						
Консульт.							
Н. контроль	Грешнов А.Ю.						
Зав. каф.					Літ. Арк. Аркушів НУК ім. ам. Макарова		

РОЗДІЛ 4. АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ЗЕРНА В СИЛОСІ

4.1 Величина конуса зерна

Зерну більшості культур властива порівняно висока рухливість - сипучість. Завдяки цьому зернова маса здатна заповнювати сховища різної конфігурації і при наявності виходу спливати з нього, що ефективно використовується для самопливного вивантаження зерна.

Сипучість зерна характеризується кутом природного укосу і кутом тертя. При вільному зсипанні зерна на горизонтальну поверхню утворюється конус, крутизна якого неоднакова для різних культур. Вона і є критерієм сипучості. Кут між твірною конуса насипу зерна і її основою називають кутом природного укосу, або кутом схилу зерна по зерну. Чим він менше, тим більше сипкість зерна. Для практичних цілей має значення і такий показник сипучості, як кут тертя, тобто мінімальний кут, при якому зерно починає рухатися по будь-якій поверхні.

Найменшим кутом тертя і кутом природного укосу (рис. 4.1), тобто найбільшою сипучістю, володіють зернові маси, що складаються з округлих зерен з гладкою поверхнею (просо, горох). Кожен продукт має свій кут природного укосу, наприклад, пшениця - 25° , овес - 27° , кукурудза - 27° і ячмінь - 28° . Зерна довгастої форми менш сипкі [14].

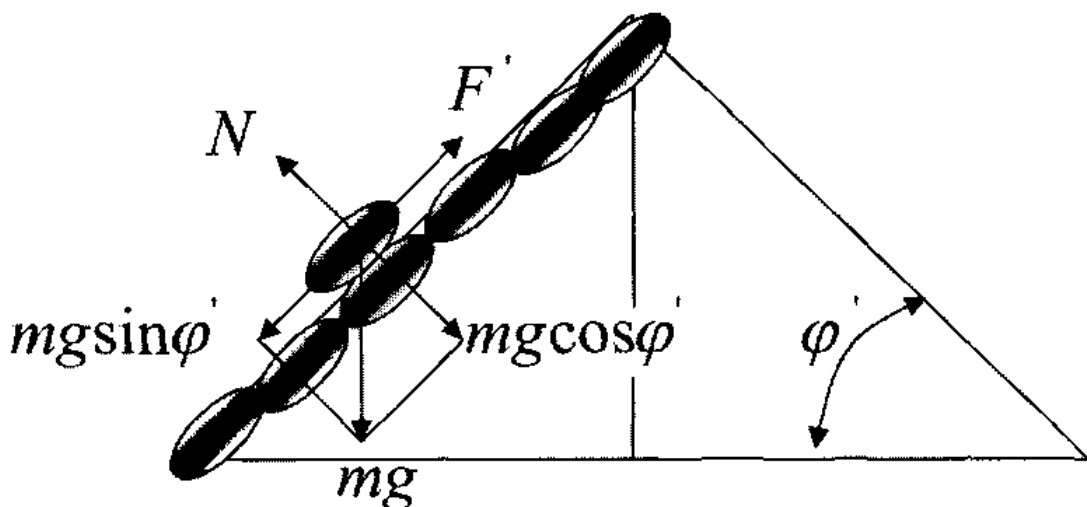


Рисунок 4.1 – Кут природного укосу зерна

Складна будова зернової маси, різні фізичні властивості компонентів (сипкість, аеродинамічні властивості, щільність) призводять до того, що при транспортуванні, і особливо при пересипанні зі значним перепадом висоти, в утворюваному зерновому насипі нерівномірно розподіляються окремі компоненти, порушується її однорідність, в деяких ділянках насипу концентруються фракції з близькими фізичними властивостями. Таке самосортування відбувається не тільки між фракціями зерна і домішок, а й в межах кожної з них, в тому числі по вологості, величині і іншими ознаками [19].

При вертикальному зсипанні великі важкі зерна падають вертикально вниз і швидше за інших досягають поверхні насипу, а легкі домішки і щупле зерно потоками повітря відносяться в різні боки. У периферійних ділянках насипу зерно, як правило, має знижену якість. У зоні силосу елеватора біля стіни в порівнянні з центральною його частиною зерно містить більше насіння бур'янів, органічного сміття і щуплих зерен. Це створює передумови до погіршення збереження зерна і насіння навіть при хорошій їх якості.

Практика показує, що при заповненні силосу на кут природного укосу також впливають висота падіння зерна, швидкість заповнення і продуктивність заповнення.

На сипкість дуже впливає вологість зернової маси. У більшості культур з підвищенням вологості сипкість зерна знижується. Зернова маса з високою вологістю схильна до швидкого злежування, тобто до втрати сипучості.

В процесі зберігання зернових мас їх сипкість може помітно знижуватися, а при самозігріванні або злежуванні може бути втрачена зовсім. Отже, істотне погіршення сипучості вказує на несприятливі умови зберігання зерна [20].

Сталева оболонка силосу при всій своїй міцності може бути легко деформована в разі нерівномірного завантаження або розвантаження силосу. Тому для того, щоб уникнути деформації силосу при його завантаженні зерно повинно засипатися рівно в центр. Нецентральне завантаження зерна по стінках зі зміщенням на одну сторону силосу може спровокувати перекидання біля

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р4	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

основи, і як наслідок призвести до нахилу сховища, його перекиданню або вигину елемента жорсткості.

4.2 Технічні засоби, що застосовуються для контролю кількості зерна в силосі

Вимірювання рівня в силосах допомагає вирішити два основні завдання:

- Попередження аварійних ситуацій пов'язаних з переповненням або спустошенням бункера;
- Визначення рівня в онлайн режимі і контроль за витратою зерна при вивантаженні;

При виборі правильного рівнеміра, особливо якщо це стосується зернових культур, необхідно враховувати багато аспектів. Наприклад, необхідно безперервне вимірювання рівня або досить сигналізації про наповнення, спустошенні, або досягненні певного рівня? Як виглядає місце установки і чи може щось вплинути на вимірювальний прилад? Які характеристики має продукт, наприклад, яку вологість, щільність, електропровідність, який насипний конус формує при наповненні і чи багато при цьому утворюється пилу? За яких робочих умов повинен працювати вимірювальний прилад і яких гігієнічних стандартів необхідно дотримуватися? Місце установки знаходиться у вибухонебезпечній зоні, які допуски повинен мати датчик, щоб його можна було там встановити?

На відміну від рідких продуктів, сипучі матеріали не мають рівної поверхні кордону розділу середовищ повітря / продукт. Тому похибка вимірювання рівня буде визначатися розміром нерівностей на поверхні, а не власної похибкою рівнеміра.

Додатковим фактором що впливає на процес вимірювання рівня сипучих матеріалів, є утворення на поверхні продукту конуса, при завантаженні, або конусоподібні форми, при відвантаженні. Це додатково послаблює відбитий сигнал - велика частина сигналу відбивається в сторону. Але тому що поверхня продукту неоднорідна, відбиття від неї відбуваються в різні боки і чим чутливіше

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р4	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рівнемір, чим більше його здатність обробити слабкий відбитий сигнал, тим стабільніше він буде працювати.

При прийомі зерна в елеватор, який може складатися з декількох силосних споруд, проводиться його зважування, і таким чином ведеться облік зберігається продукції. Даний спосіб вимагає значних трудовитрат, так як зернова продукція перевозиться автомобілями, що мають обмежену місткість. Таким чином, спосіб, що дозволяє в стислі терміни і без переміщення продукції визначити її запаси на складах є актуальним. Важливо стежити за величиною рівня зерна в силосах, адже від цього залежить, наскільки оператор може ще наповнювати елеватор зерном. Для визначення зернового рівня можуть застосовуватися кілька методів, серед яких можна назвати наступні:

- радарний;
- ємнісний;
- ультразвуковий;
- електромеханічний;
- лазерний;
- непрямий метод по зміні температури в силосі;
- ручний за допомогою опускання і піднімання вантажу з замірній лінійкою.

Сьогодні велика кількість силосів в Україні укомплектовані датчиками рівня зерна. Це, в основній більшості, датчики ротаційного типу, які кріпляться на одній вертикальній осі. Внизу встановлюють датчик нижнього рівня, нагорі - відповідно, верхнього. Ці прилади дозволяють зрозуміти оператору ступінь завантаженості силосу. Але вони більше підходять для елеваторів, які орієнтовані на тривале зберігання. Там спокійно завантажують силос, за допомогою датчика верхнього рівня визначають, що він вже повний, і заповнюють наступну ємність. Потім, в разі потреби, всі вивантажують. Але якщо ж перед елеватором стоїть завдання зробити якомога більше циклів, кожен день відбувається оперативне завантаження-вивантаження. При цьому потрібно точно знати, скільки зерна в силосі залишилося, і скільки туди ще можна додати.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р4	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Радарні і акустичні пристрої досить ефективно справляються з наявністю пилу в пароповітряному просторі, зберігаючи точність вимірювань. Пристрої на основі інших технологій, наприклад, ультразвукові або лазерні рівнеміри, менш пристосовані для таких ситуацій, оскільки пил істотно впливає на якість їх сигналу.

При вимірюванні об'єму сипучих матеріалів часто стикаються з проблемами, пов'язаними з властивостями матеріалів. Поверхня, як правило, є дуже нерівною, на ній можуть бути високі піки і глибокі провалля. Один пристрій вимірювання рівня має менш точні результати, але при використанні декількох пристроїв цього можна уникнути і виміряти більш правильний об'єм.

Основною перевагою безперервного виміру рівня є можливість управління технологічним процесом або контроль наявності матеріалу. Від приладів вимірювання рівня часто потрібна висока швидкість реакції з огляду на можливу швидку зміну рівня зерна. У таких випадках рекомендується використовувати радарні пристрої [14].

4.3 Необхідність контролю рівня з урахуванням конуса

Враховуючи, що сипучі продукти мають свій кут природного укосу, то висота конуса залежить від цього кута. Для прикладу візьмемо конус з плоским дном, діаметр циліндра якого дорівнює 11 м, а сипучим продуктом є пшениця. Кут природного укосу пшениці дорівнює $23^{\circ} \dots 38^{\circ}$. Візьмемо середнє значення - 30° .

З урахуванням діаметру та кута природного укосу вираховуємо висоту конуса пшениці в силосі (рис. 4.2):

$$h = \frac{b}{2} * \tan \alpha = \frac{11}{2} * \tan 30^{\circ} \approx 3.175 \text{ м}$$

В залежності від сипучого продукту та факторів його зберігання (вологість, наявність домішок) кут природного укосу може збільшуватись. Тому збільшується і висота конуса.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р4	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

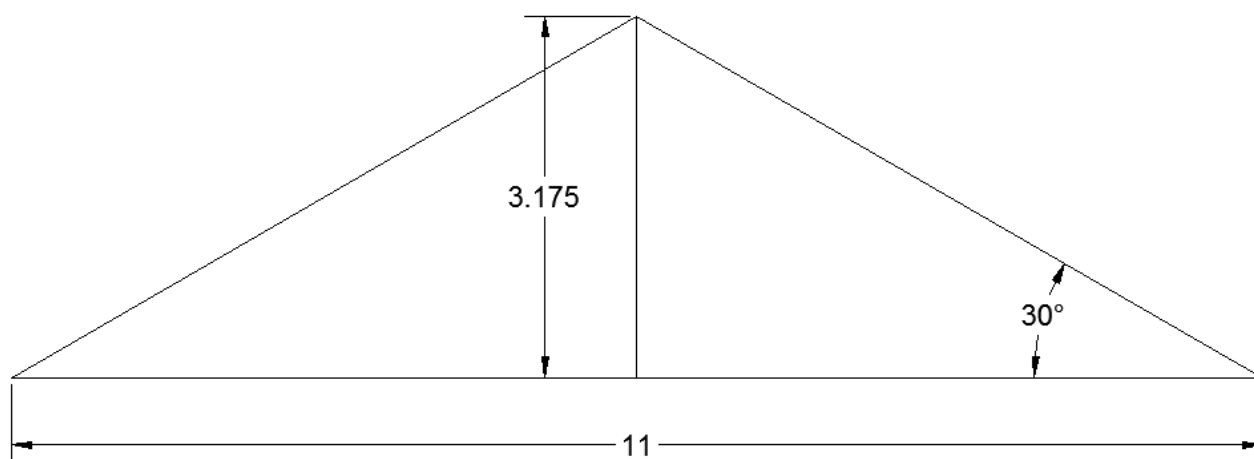


Рисунок 4.2 – Форма отриманого конуса

Вимірювання рівня в одній точці не дає можливість визначити рівень з урахуванням конуса зерна, тому похибка такого вимірювання може бути значною.

Візьмемо параметри висоти та радіус вирахованого конуса, і порахуємо об'єм:

$$V_k = \frac{1}{3} \pi R^2 h = \frac{1}{3} * 3.14 * 5.5^2 * 3.175 \approx 100 \text{ м}^3,$$

$$\text{де } R = \frac{11}{2} = 5.5 \text{ м}$$

Далі візьмемо циліндр з такими ж параметрами радіуса та висоти, і порахуємо його об'єм:

$$V_{\text{ц}} = \pi R^2 h = 3.14 * 5.5^2 * 3.175 \approx 300 \text{ м}^3$$

Виходячи з цього недооцінка вимірювання рівня зерна в силосі в області конуса без його урахування складає:

$$V_{\text{ц}} - V_k = 300 - 100 = 200 \text{ м}^3$$

Насипна щільність пшениці дорівнює 750-850 кг/м³. Вирахуємо приблизну масу зайвої пшениці, враховуючи об'єм.

$$M = 200 * 800 = 160\,000 \text{ кг} = 160 \text{ тонн}$$

Виходячи з цього можна зробити висновок, що похибка вимірювання рівня зерна в силосі без урахування конуса є значною. Особливо це критично при інвентаризації великих елеваторних комплексів без переважування і перерахунку всього зерна. При збільшенні кількості силосів збільшується помилковий загальний об'єм зерна на всіх силосах.

Також при вивантаженні сипучих продуктів конус може бути направлений у зворотній бік, що в свою чергу при використанні одного рівнеміра дає недооцінений рівень.

4.4 Розрахунок об'єму насипу сипучих продуктів

Для визначення об'єму конуса необхідно знати його висоту і радіус, і якщо радіус заданий радіусом окружності конуса, то для визначення висоти необхідний вимір рівня. Але вимір рівня дає висоту всього насипу, де конус врахувати неможливо. Тому виникає необхідність виміру рівня в боковій точці насипу (рис. 4.3). Знаючи різницю в висоті і відстані між центральним і боковими рівнемірами, ми можемо визначити висоту самого конуса.

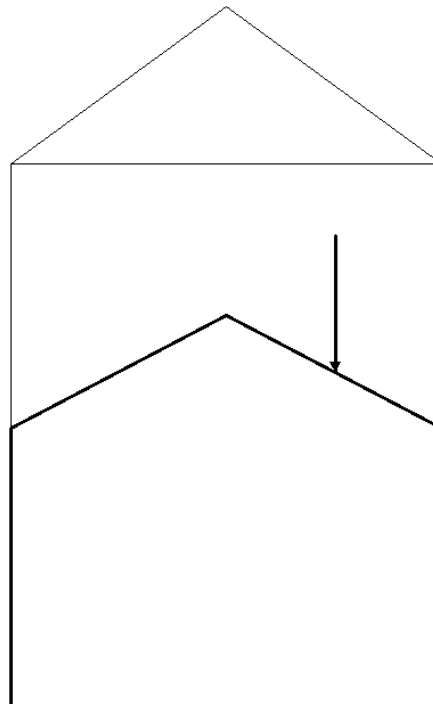


Рисунок 4.3 –Позначення бокової точки виміру рівня

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р4	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так як насип не завжди може мати форму ідеального конуса, то виникає необхідність виміру рівня продукту в декількох точках насипу. Далі представлений метод обчислення об'єму зерна в силосі за допомогою декількох датчиків рівня.

Опис методу

Розроблений метод полягає у визначенні рівня зерна в центральній точці і в точках, розташованих по радіусу кола силосу. При цьому відстань точок по радіусу від центральної точки дорівнює $\frac{1}{2}$ від радіуса основи силосу. Для більш точного обчислення об'єму зерна було прийнято рішення використовувати 6 рівнемірів по радіусу кола, і 1 рівнемір в центральній точці силосу. Розташування рівнемірів та термopідвісок представлено на рисунку 4.4 . Розташування першого рівнеміра не в центрі силосу обумовлено тим, що в центрі розташований завантажувальний люк. Тому центральний рівнемір повинен мати можливість повертати радар на потрібний для виміру в центральний точці кут нахилу.

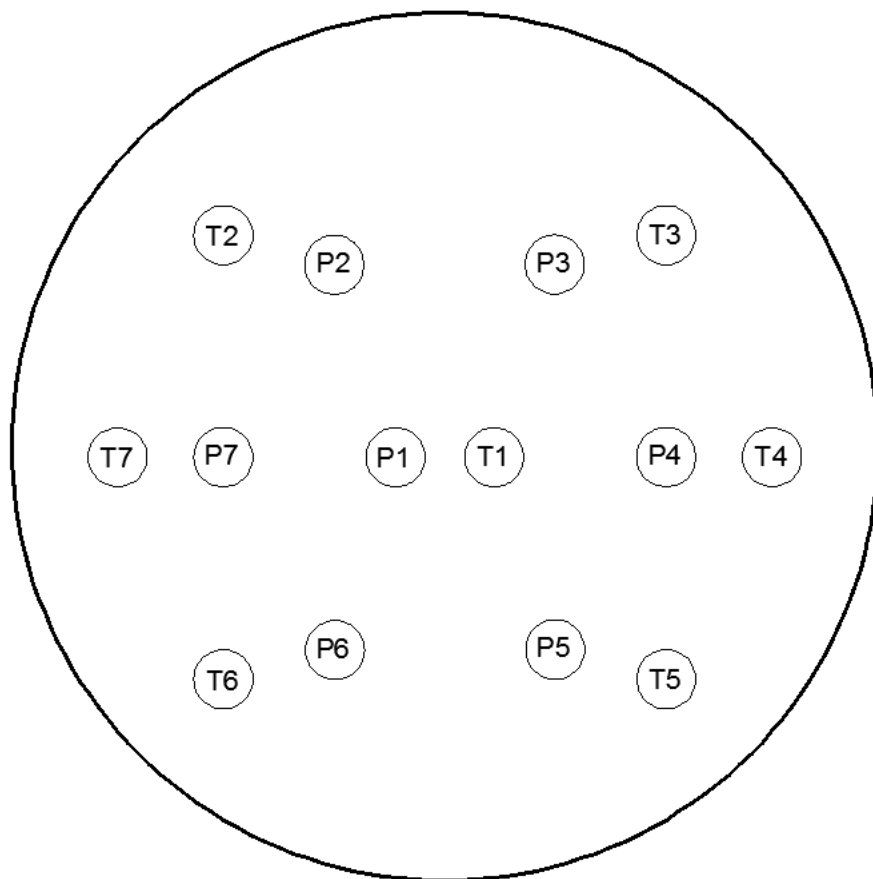


Рисунок 4.4 – Розташування рівнемірів і термopідвісок

Для визначення об'єму конусної частини обчислюється середня висота конуса на підставі вимірів висоти насипу в точках, розташованих по радіусу. Такий метод дозволяє врахувати нерівності насипу, і дає більш точний об'єм, ніж при вимірюванні рівня в одній точці.

Розрахунок

Для прикладу розрахунку візьмемо розміри силосу які використовувалася в розділі 4, а також ймовірні показники датчиків.

Вихідними даними для розрахунку об'єму зерна є:

$D = 14.67$ – діаметр окружності силосу;

$H_c = 14$ – рівень в центральній точці силосу;

S_d – відстань до рівнемірів, розташованих по радіусу кола силосу, від центральної точки силосу;

$$S_d = \frac{1}{2}R = \frac{1}{2} * \left(\frac{D}{2}\right) = \frac{1}{2} * \left(\frac{14.67}{2}\right) = 3.6675 \text{ м}$$

$$\text{где } R = \frac{D}{2} = \frac{14.67}{2} = 7.335 \text{ м}$$

Рівень в бокових точках силосу:

$$H_{r1} = 11,5 \text{ м,}$$

$$H_{r2} = 13 \text{ м,}$$

$$H_{r3} = 12 \text{ м,}$$

$$H_{r4} = 11 \text{ м,}$$

$$H_{r5} = 11 \text{ м,}$$

$$H_{r6} = 12 \text{ м}$$

Для початку необхідно визначити форму конуса, для цього перевіряємо чи є середнє число рівнів, знятих з бокових датчиків, більше або менше рівня в центральній точці. У разі якщо це число більше, то можна зробити висновок, що конус зерна спрямований вниз, що характерно після вивантаження зерна з силосу. У разі якщо це число менше, то можна зробити висновок, що конус зерна спрямований вгору, що характерно після заповнення силосу.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р4	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H_{r.ср} = \frac{H_{r1} + H_{r2} + H_{r3} + H_{r4} + H_{r5} + H_{r6}}{6} = \frac{11,5 + 13 + 12 + 11 + 11 + 12}{6} = 11.75 \text{ м.}$$

$H_c > H_{r.ср} \Rightarrow$ конус насипу спрямований вгору;

Висота конуса обчислюється для кожного бокового датчика, виходячи з його показань рівня.

Знаючи відстань від центрального рівнеміра до бокових, обчислюємо висоту між рівнем в центральній і боковій точці.

$$H_{\Delta 1} = H_c - H_{r1} = 14 - 11,5 = 2,5 \text{ м}$$

$$H_{\Delta 2} = H_c - H_{r1} = 14 - 13 = 1 \text{ м}$$

$$H_{\Delta 3} = H_c - H_{r1} = 14 - 12 = 2 \text{ м}$$

$$H_{\Delta 4} = H_c - H_{r1} = 14 - 11 = 3 \text{ м}$$

$$H_{\Delta 5} = H_c - H_{r1} = 14 - 11 = 3 \text{ м}$$

$$H_{\Delta 6} = H_c - H_{r1} = 14 - 12 = 2 \text{ м}$$

Для знаходження висоти конуса необхідно знати кут β . Для обчислення цього кута побудуємо прямокутний трикутник, для якого необхідно знати довжину всіх сторін (рис. 4.5).

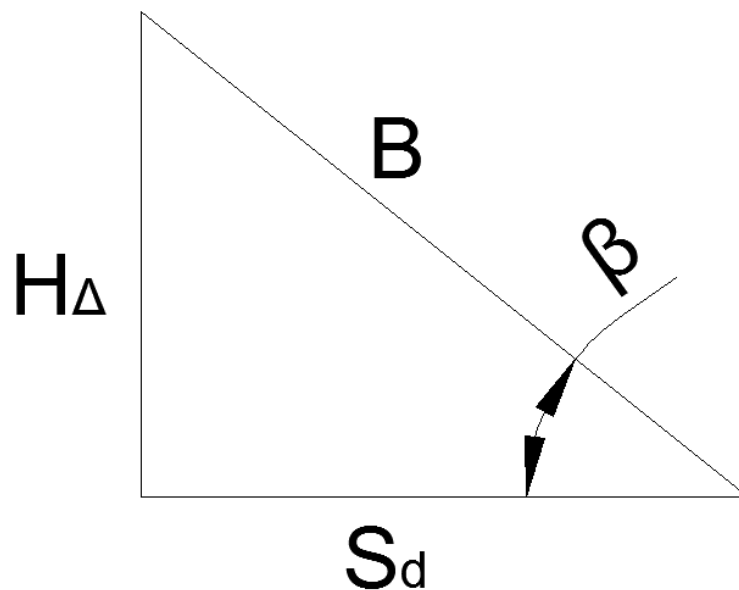


Рисунок 4.5 – Трикутник для розрахунку кута β

Для обчислення невідомої сторони скористаємося теоремою Піфагора:

$$B_1 = \sqrt{H_{\Delta 1}^2 + S_d^2} = \sqrt{2,5^2 + 3.6675^2} = 4.439 \text{ м}$$

$$B_2 = \sqrt{H_{\Delta 2}^2 + S_d^2} = \sqrt{1^2 + 3.6675^2} = 3.801 \text{ м}$$

$$B_3 = \sqrt{H_{\Delta 3}^2 + S_d^2} = \sqrt{2^2 + 3.6675^2} = 4.177 \text{ м}$$

$$B_4 = \sqrt{H_{\Delta 4}^2 + S_d^2} = \sqrt{3^2 + 3.6675^2} = 4.738 \text{ м}$$

$$B_5 = \sqrt{H_{\Delta 5}^2 + S_d^2} = \sqrt{3^2 + 3.6675^2} = 4.738 \text{ м}$$

$$B_6 = \sqrt{H_{\Delta 6}^2 + S_d^2} = \sqrt{2^2 + 3.6675^2} = 4.177 \text{ м}$$

де S_d – відстань від центрального рівнеміра до бокових

Далі обчислюємо кут β :

$$\beta_1 = \arccos\left(\frac{B_1^2 + S_d^2 - H_{\Delta 1}^2}{2B_1H_{\Delta 1}}\right) = \arccos\left(\frac{4.439^2 + 3.6675^2 - 2,5^2}{2 * 4.439 * 2,5}\right) = 0.598 \text{ рад}$$

$$\beta_2 = \arccos\left(\frac{B_2^2 + S_d^2 - H_{\Delta 2}^2}{2B_2H_{\Delta 2}}\right) = \arccos\left(\frac{3.801^2 + 3.6675^2 - 1^2}{2 * 3.801 * 1}\right) = 0.266 \text{ рад}$$

$$\beta_3 = \arccos\left(\frac{B_3^2 + S_d^2 - H_{\Delta 3}^2}{2B_3H_{\Delta 3}}\right) = \arccos\left(\frac{4.177^2 + 3.6675^2 - 2^2}{2 * 4.177 * 2}\right) = 0.499 \text{ рад}$$

$$\beta_4 = \arccos\left(\frac{B_4^2 + S_d^2 - H_{\Delta 4}^2}{2B_4H_{\Delta 4}}\right) = \arccos\left(\frac{4.738^2 + 3.6675^2 - 3^2}{2 * 4.738 * 3}\right) = 0.686 \text{ рад}$$

$$\beta_5 = \arccos\left(\frac{B_5^2 + S_d^2 - H_{\Delta 5}^2}{2B_5H_{\Delta 5}}\right) = \arccos\left(\frac{4.738^2 + 3.6675^2 - 3^2}{2 * 4.738 * 3}\right) = 0.686 \text{ рад}$$

$$\beta_6 = \arccos\left(\frac{B_6^2 + S_d^2 - H_{\Delta 6}^2}{2B_6H_{\Delta 6}}\right) = \arccos\left(\frac{4.177^2 + 3.6675^2 - 2^2}{2 * 4.177 * 2}\right) = 0.499 \text{ рад}$$

Знаючи кут β і радіус кола конуса обчислюємо висоту конуса:

$$h_{k1} = \frac{D}{2} * \tan \beta_1 = \frac{14.67}{2} * \tan 0.499 = 5 \text{ м}$$

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$h_{k1} = \frac{D}{2} * \tan \beta_2 = \frac{14.67}{2} * \tan 0.499 = 2 \text{ м}$$

$$h_{k1} = \frac{D}{2} * \tan \beta_3 = \frac{14.67}{2} * \tan 0.499 = 4 \text{ м}$$

$$h_{k1} = \frac{D}{2} * \tan \beta_4 = \frac{14.67}{2} * \tan 0.499 = 6 \text{ м}$$

$$h_{k1} = \frac{D}{2} * \tan \beta_5 = \frac{14.67}{2} * \tan 0.499 = 6 \text{ м}$$

$$h_{k1} = \frac{D}{2} * \tan \beta_6 = \frac{14.67}{2} * \tan 0.499 = 4 \text{ м}$$

Обчислюємо середню висоту конуса:

$$h_{k.ср} = \frac{h_{k1} + h_{k2} + h_{k3} + h_{k4} + h_{k5} + h_{k6}}{6} = \frac{5 + 2 + 4 + 6 + 6 + 4}{6} = 4.5 \text{ м}$$

Обчислюємо об'єм конуса з використанням значення отриманої висоти:

$$V_k = \frac{1}{3} \pi R^2 h_{k.ср} = \frac{1}{3} * 3.14 * 7.335^2 * 4.5 = 254 \text{ м}^3$$

Висота циліндра:

- Для конуса вгору:

$$h_{ц} = H_c - h_{k.ср}$$

- Для конуса вниз:

$$h_{ц} = H_c + h_{k.ср}$$

Розраховуємо висоту циліндра для конуса вгору:

$$h_{ц} = H_c - h_{k.ср} = 14 - 4.5 = 9.5 \text{ м}$$

Об'єм циліндра:

$$V_{ц} = \pi R^2 h_{ц} = 3.14 * 7.335^2 * 9.5 = 1606 \text{ м}^3$$

Загальний об'єм з урахуванням об'єму конуса і циліндра:

- Для конуса вгору:

$$V_{заг} = V_{ц} + V_k$$

- Для конуса вниз:

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р4	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{ц}} - V_k$$

Розраховуємо загальний об'єм насипу для конуса вгору:

$$V_{\text{заг}} = V_{\text{ц}} + V_k = 1606 + 254 = 1860 \text{ м}^3$$

Таким чином ми отримали значення об'єму насипу сипучого продукту з урахуванням різниці рівня, знятого з бокових рівнемірів. Форма отриманого об'єму зображена на рисунку 4.6 . Також ми можемо розрахувати випадок, де конус спрямований вниз. В даному випадку від об'єму циліндра ми віднімаємо об'єму отриманого конусу.

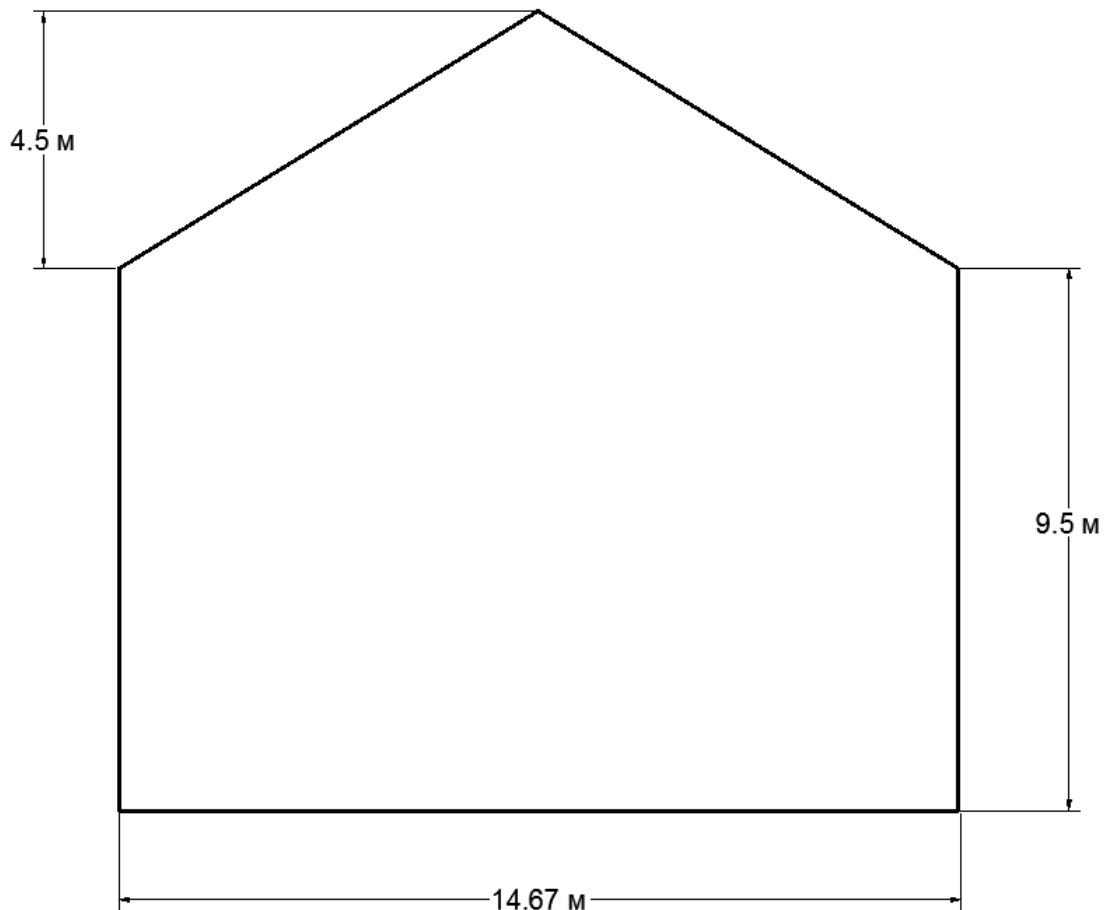


Рисунок 4.6 – Форма отриманого насипу

Висновки за розділом 4

Кожна зернова культура має кут природного укосу, завдяки якому утворюється конус при завантаженні силоса. Для вимірювання рівня зерна в силосі, та урахування конусу зерна використовуються рівнеміри різних типів.

Похибка вимірювання рівня зерна в силосі без урахування конуса є значною. Тому урахування конуса сипучих продуктів є важливим. Воно дозволяє з набагато більшою точністю визначати рівень зерна в силосах, що в свою чергу дозволяє покращити процес завантаження і вивантаження продуктів.

Розроблений метод розрахунку дозволяє отримати об'єм насипу сипучих продуктів з урахуванням форми конуса, та з урахуванням нерівностей насипу. При цьому точність розрахунку залежить від кількості бокових датчиків рівня, тому при необхідності можливо використовувати різну кількість датчиків.

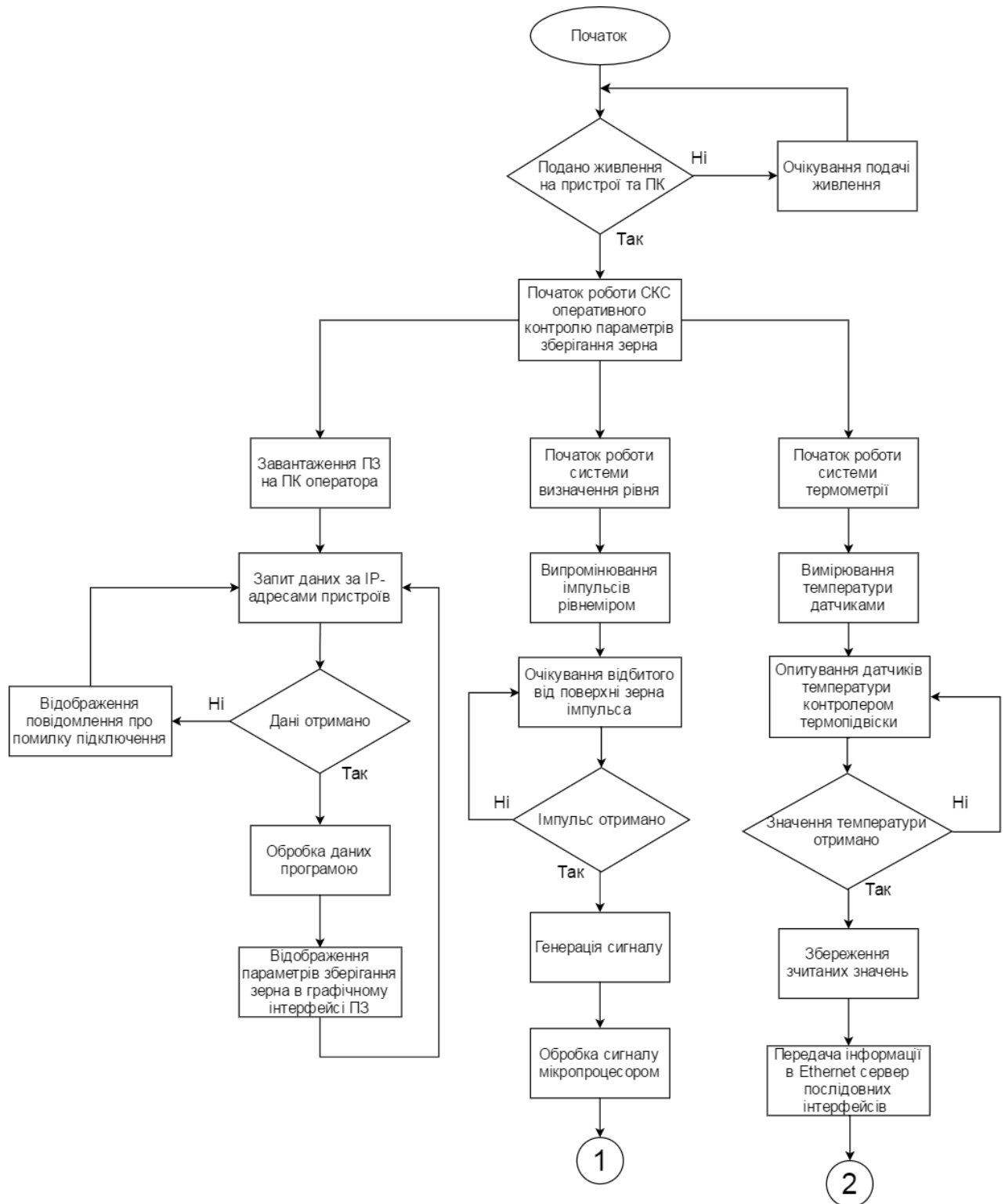
					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р4	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р5			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Корольчук Д.В.				РОЗРОБКА ЗАСОБІВ АЛГОРИТМІЧНОГО І АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Грешнов А.Ю.							
Консульт.						НУК ім. ам. Макарова		
Н. контроль	Грешнов А.Ю.							
Зав. каф.								

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАСОБІВ АЛГОРИТМІЧНОГО І АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

5.1 Алгоритм роботи КС

Алгоритм роботи КС має вигляд:



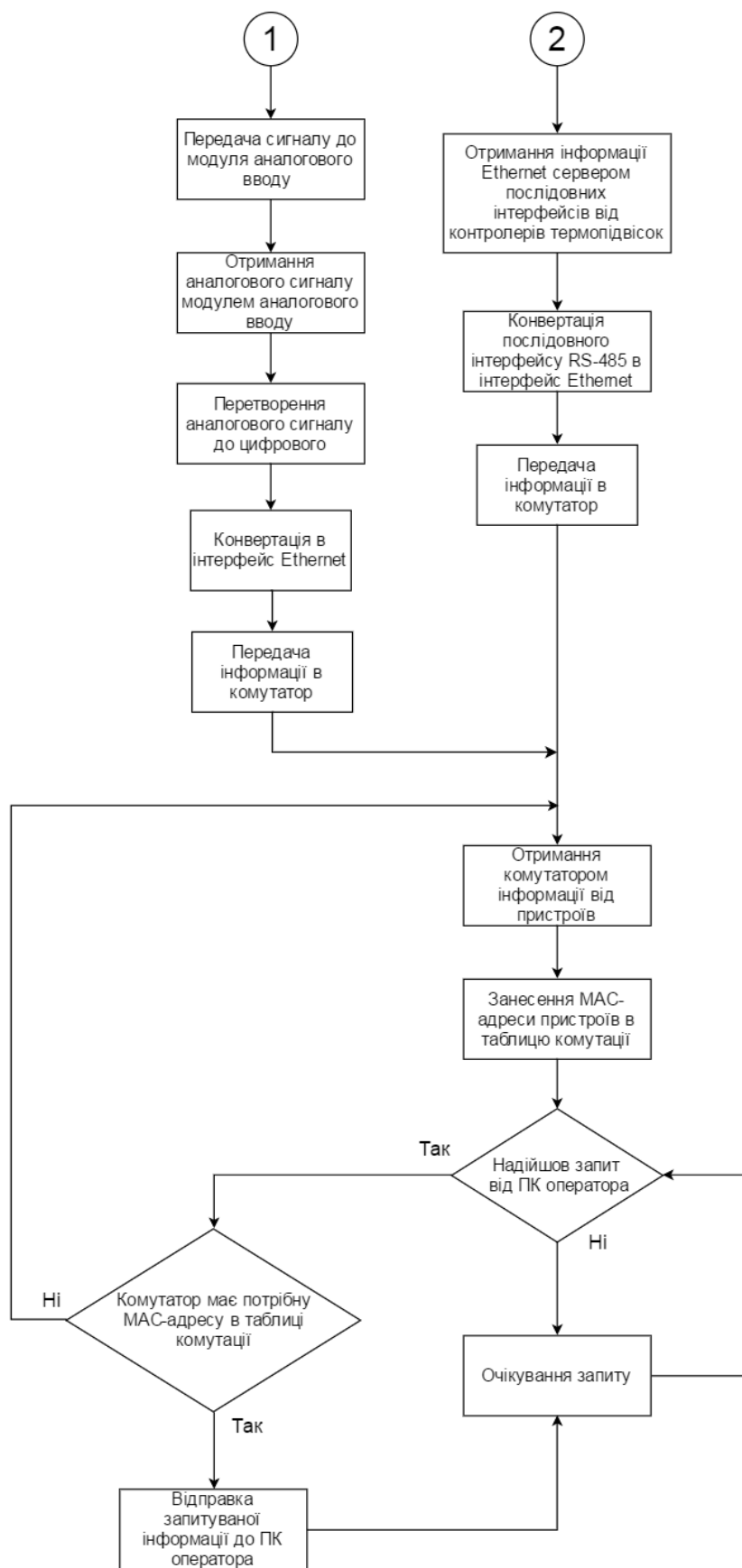


Рисунок 5.1 – Алгоритм роботи КС

Робота системи починається з подачі живлення на елементи КС та ПК оператора. Після подачі живлення на пристроях встановлюється відповідний режим роботи. Алгоритм роботи КС поділяється на декілька паралельних гілок, які виконуються у синхронному режимі.

Перша гілка описує алгоритм роботи системи термометрії, що відповідає за безперервний оперативний контроль температури зерна, що зберігається в силосах, і передачі вимірювальної інформації на персональний комп'ютер. Після подачі живлення керуючий мікроконтролер проводить циклічне опитування датчиків температури, що здійснюють вимір температури зерна в визначеній області, та перетворення аналогового сигналу вимірювання до цифрового за допомогою АЦП. Після цього вся вимірювальна інформація зберігається в пам'яті мікроконтролера. Збережена інформація видається за запитом від провідного в лінії Ethernet серверу послідовних інтерфейсів за допомогою інтерфейсу RS-485. Ethernet серверу послідовних інтерфейсів отримує вимірювальну інформацію від контролерів термопідвісок та конвертує інформацію отриману за допомогою послідовного інтерфейсу RS-485 до стандарту Ethernet. Далі конвертована інформація надходить до комутатора.

Друга гілка описує алгоритм роботи системи визначення рівня зерна в силосі, що відповідає за оперативний контроль рівня зерна в силосі, і передачі вимірювальної інформації на персональний комп'ютер. Після подачі живлення рівнемір випромінює короткі мікрохвильові імпульси на поверхню зерна і приймає їх після відбиття від поверхні продукту. На мікроконтролер рівнеміра надходить інформація про час від передачі до прийому сигналу. За рахунок цього мікроконтролером враховується рівень заповнення силосу. Визначений у такий спосіб рівень перетворюється мікроконтролером у відповідний вихідний сигнал і видається у вигляді виміряного значення. Далі цей сигнал передається до модуля аналогового вводу за допомогою аналогової струмової петлі 4...20 мА. Від розміру виміряного значення залежить величина струму що передається. Модуль аналогового вводу отримує виміряне значення рівня від рівнемірів та перетворює аналоговий сигнал в цифровий за допомогою АЦП. Перетворений

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р5	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигнал конвертується до протоколу Ethernet. Далі конвертована інформація надходить до комутатора.

Комутатор отримує вимірювальну інформацію про температуру зерна в силосі від Ethernet серверу послідовних інтерфейсів та вимірювальну інформацію про рівень зерна в силосі від модуля аналогового вводу. Він виступає в ролі пристрою, призначеного для з'єднання декількох вузлів мережі в межах одного сегмента. Комутатор визначає MAC-адресу хоста-відправника і заносить його в таблицю, у якій вказуються відповідні MAC-адреси вузла порту комутатора. Підключений до комутатора ПК оператора виступає в ролі “головного пристрою”, та адресує запит “підлеглому пристрою”, в ролі якого може виступати Ethernet сервер послідовних інтерфейсів або модуль аналогового вводу, які реалізують комунікаційний протокол Modbus TCP. Підлеглий пристрій формує повідомлення і повертає його у відповідь на запит, адресований саме йому.

Третя гілка скорочено описує алгоритм роботи програмного забезпечення (детальніше цей алгоритм розглядатися в главі 5). Робота програми починається з завантаження її на ПК оператора. Далі програма ініціює запит до “підлеглих пристроїв” за допомогою IP-адреси, які заздалегідь додані в програму. Якщо “підлеглий пристрій” не сформував відповідь, то програма видає повідомлення про помилку запита. Якщо програма успішно отримала повідомлення, то отримана від пристроїв вимірювальна інформація додається у пам'ять комп'ютера. Збережені дані обробляються, та відображаються у графічному інтерфейсі програми. Формування запитів відбуваються через певний проміжок часу, що дає змогу постійно оновлювати інформацію про параметри зберігання зерна у програмі.

Виконання всього алгоритму може бути завершено після відключення всієї системи від живлення. Через відключення від живлення певних елементів СКС може бути завершена відповідна гілка алгоритму.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р5	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Вибір апаратних засобів

До апаратних засобів розроблюваної КС входять:

- термopідвіски та контролери термopідвісок;
- радарні рівнеміри;
- бар'єри іскрозахисту;
- Ethernet сервери послідовних інтерфейсів;
- блоки живлення;
- модуль аналогового вводу;
- комутатор.

5.2.1 Вибір рівнемірів

Головну роль в виборі рівнеміра для розроблюваної системи грають вартість, наявність вихідних портів для виводу інформації о вимірюванні до ПК оператора, а також здатність працювати в умовах високої кількості пилу при завантаженні сипучих продуктів. Також важливою умовою є необхідність виміру поверхні насипу в окремих точках. Це потрібно для урахування конуса та нерівностей при нерівномірному завантаженні та вивантаженні сипучих продуктів.

Розглянемо окремі види засобів для вимірювання рівня, та позначимо переваги та недоліки, які дадуть змогу визначити потрібний для розроблюваної системи вид рівнеміра.

1) Лазерний рівнемір

Перевагами лазерних рівнемірів є можливість швидкого вимірювання рівня, а також невелика вартість. Але головним недоліком є те, що для нормальної роботи лазерного рівнеміра захисне скло лазерного випромінювача має залишатися чистим. Тому рівнеміри цього типу не можуть працювати в умовах запиленості. Також в умовах великих елеваторних комплексів можливість прямого обслуговування є обмеженою [18].

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р5	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Радарний рівнемір

Безконтактні радарні рівнеміри реалізують метод вимірювання "зверху" і забезпечують пряме вимірювання відстані до поверхні середовища. Перевагою є можливість працювати в складних технологічних умовах, що дозволяє проводити вимірювання постійно, без необхідності частого обслуговування. Також перевагою є великий діапазон радарних рівнемірів за ціною та характеристиками, що дає змогу вибрати відповідний для конкретної системи засіб вимірювання. До недоліків можна віднести те, що для вимірювання рівня в кількох точках насипу потрібно встановлювати кілька рівнемірів.

3) Лазерний 3D сканер

Головною перевагою лазерного 3D сканера є можливість вимірювання великої кількості точок, та побудова тривимірної моделі насипу. Але значним недоліком є дуже велика вартість таких сканерів, що не дає можливість встановлювати їх на кожному силосі, та оперативно отримувати інформацію о рівні сипучого продукту.

Виходячи з переваг і недоліків кожного виду вимірювача рівня, можна зробити висновок, що самим оптимальним для даної КС є радарний рівнемір.

Зважаючи на те, що для обчислення об'єму зерна значення рівня в центральній точці грає ключову роль, а також вихід з ладу цього датчика може порушити роботу всієї системи визначення об'єму, то має сенс в цій точці використовувати рівнемір високої точності і надійності. Тому для розташування в центральній точці силосу був обраний радарний рівнемір VEGAPULS SR 68 [9].

Радарний рівнемір VEGAPULS SR 68 призначений для безперервного вимірювання рівня сипучих продуктів, в тому числі при складних умовах. Датчик застосовується для вимірювання рівня в високих силосах і великих бункерах. Завдяки простоті початкової установки і експлуатаційної надійності без необхідності обслуговування, VEGAPULS SR 68 є економічно вигідним рішенням.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р5	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги рівнеміра VEGAPULS SR 68:

- безконтактне вимірювання;
- висока експлуатаційна готовність, оскільки немає зносу і нема потреби у технічному обслуговуванні;
- надійне вимірювання незалежно від пару, пилу і шуму.

Принцип дії

Антенна радарного датчика випромінює короткі радарні імпульси тривалістю приблизно 1нс і приймає їх у вигляді ехосигналів, відбитих від поверхні продукту. Час проходження радарного імпульсу від випромінювання до прийому пропорційно відстані до поверхні продукту, тобто рівню. Визначений у такий спосіб рівень перетворюється у відповідний вихідний сигнал і видається у вигляді вимірюваного значення.

Радарний рівнемір VEGAPULS SR 68 в трьох варіаціях показано на рисунку 5.2.

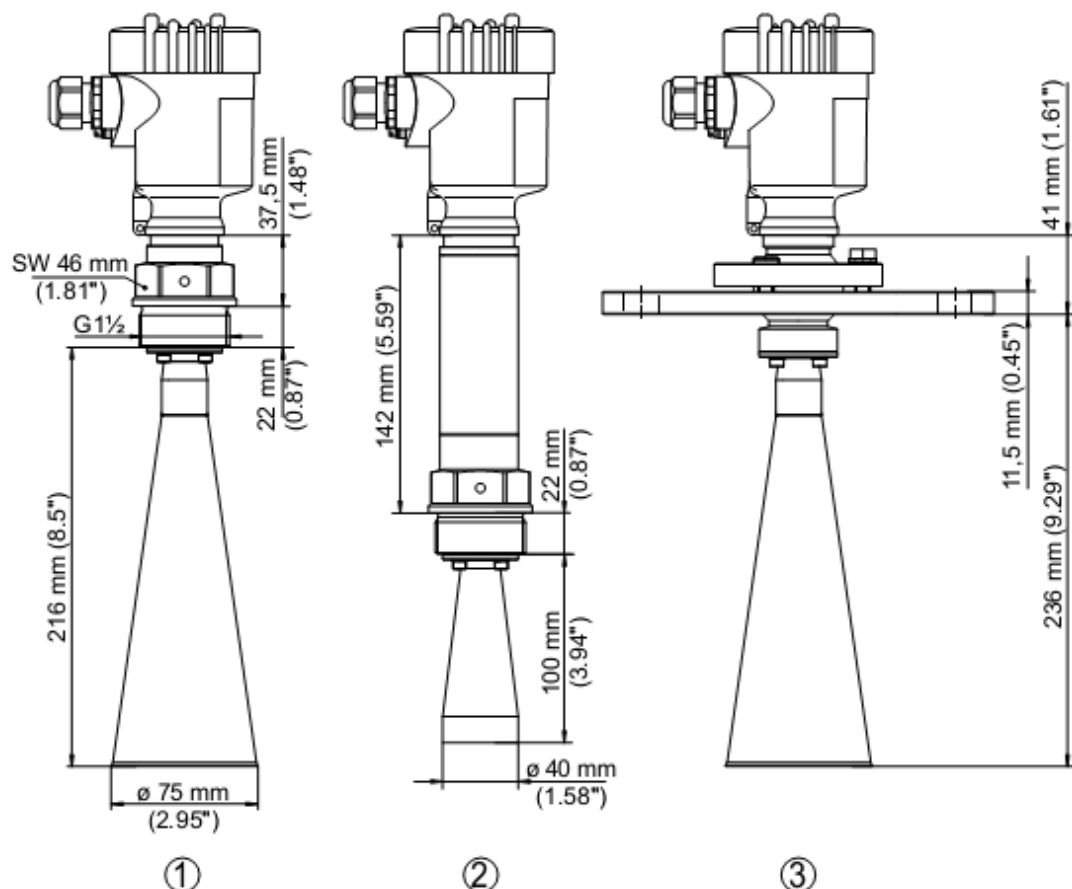


Рисунок 5.2 – Радарний рівнемір в трьох варіаціях

1. Різьбове виконання з рупорною антеною.
2. Різьбове виконання з рупорною антеною і температурною вставкою.
3. Виконання з рупорною антеною і поворотним шарнірним кріпленням.

На рисунку 5.3. показана рекомендація з монтажу VEGAPULS SR 68 з нахилом. На рисунку 5.4. показано відсік електроніки та підключення VEGAPULS SR 68.

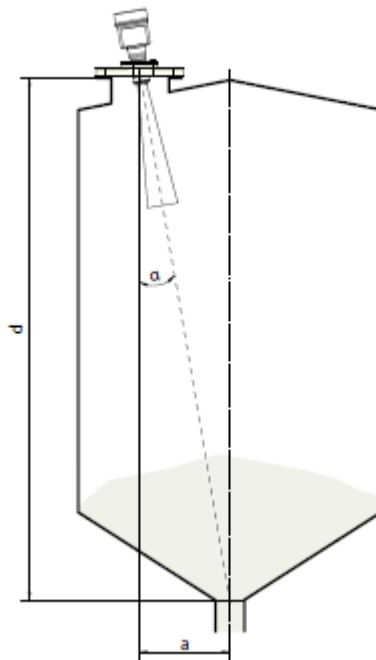


Рисунок 5.3 – Рекомендація з монтажу VEGAPULS SR 68 з нахилом

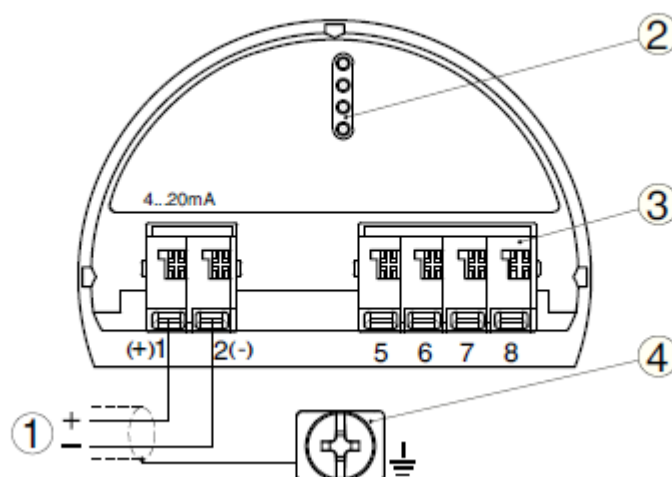


Рисунок 5.4 – Відсік електроніки та підключення

1. Живлення, вихід сигналу.
2. Для модуля індикації та налаштування або інтерфейсного адаптера.
3. Для виносного блоку індикації та налаштування.
4. Клема заземлення для підключення екрану кабелю.

Точність вимірювання рівня в бокових точках має менш значну роль. Вони необхідні для уточнення форми конуса. Також на вибір типу бокових рівнемірів впливає велика кількість датчиків, що підвищує вартість системи. Тому має сенс в бокових точках використовувати дешевші рівнеміри. Також фактором для вибору більш дешевих датчиків є те, що вихід з ладу одного або декількох з них не вплинуть значною мірою на обчислений об'єм, а також не вплинуть на роботу всієї системи в цілому. Тому для розташування в бокових точках силосу був обраний рівнемір GX OEM GXRD101.



Рисунок 5.5 – Рівнемір GX OEM GXRD101

Переваги:

- 1) Невелика вартість;
- 2) Антена має невеликий розмір і легко встановлюється;
- 3) Мінімальна схильність до корозії;

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р5	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 4) Важке пилове середовище не впливає на роботу високочастотного вимірювача рівня;
- 5) Скорочена довжина хвилі може забезпечити краще відбиття для похилої поверхні;
- 6) Невеликий кут поля і концентрації енергії, поліпшені можливості поширення ехосигналів, і усунення перешкод.

5.2.2 Вибір Ethernet серверу послідовних інтерфейсів

Для розроблюваної системи був обраний Ethernet сервер послідовних інтерфейсів PDS-5105D-MTCP виробництва фірми ICP DAS [10].

PDS-5105D-MTCP – це сімейство серверів програмованих пристроїв, також відомих як «шлюз Serial-to-Ethernet», які призначені для з'єднання пристроїв RS-232/485 з мережею Ethernet. Зручний VxComm Driver / Utility дозволяє перетворювати вбудовані COM-порти PDS-5105D-MTCP в стандартні COM-порти на ПК. Завдяки своїй незалежності від протоколу, ОС і високій гнучкості, PDS-5105D-MTCP здатний задовольнити вимоги кожної програми з підтримкою мережі.

PDS-5105D-MTCP включає потужну і надійну структуру програмування Xserver, яка дозволяє розробляти надійні додатки Ethernet. Вбудована високопродуктивна MiniOS7 завантажує PDS-5105D-MTCP всього за одну секунду і дає швидкі відповіді.

PDS-5105D-MTCP також працює як шлюз Modbus TCP в RTU / ASCII, який підтримує більшість комунікацій SCADA / HMI на основі протоколу Modbus / TCP. PDS-5105D-MTCP оснащено 1 портом RS-232/485 і 9 портами RS-485. Зйомний роз'єм на платі призначений для простої і надійної проводки в промислових умовах.

PDS-5105D-MTCP оснащено 2-портовим комутатором 10 / 100Base-Tx Ethernet, який спрощує мережеву проводку за допомогою каскадних Ethernet-пристроїв. Крім того, в модулі є функція LAN Bypass, що дозволяє продовжити мережевий трафік між двома сегментами мережі (Ethernet port1 і port2). У

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р5	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випадках, коли модуль відключено через програмне забезпечення, апаратне забезпечення або збій живлення, функція автоматичного включення LAN автоматично активується, і основні комунікації в мережі можуть продовжувати працювати без перерв.

Призначення виводів PDS-5105D-MTCP показано на рисунку 5.6.

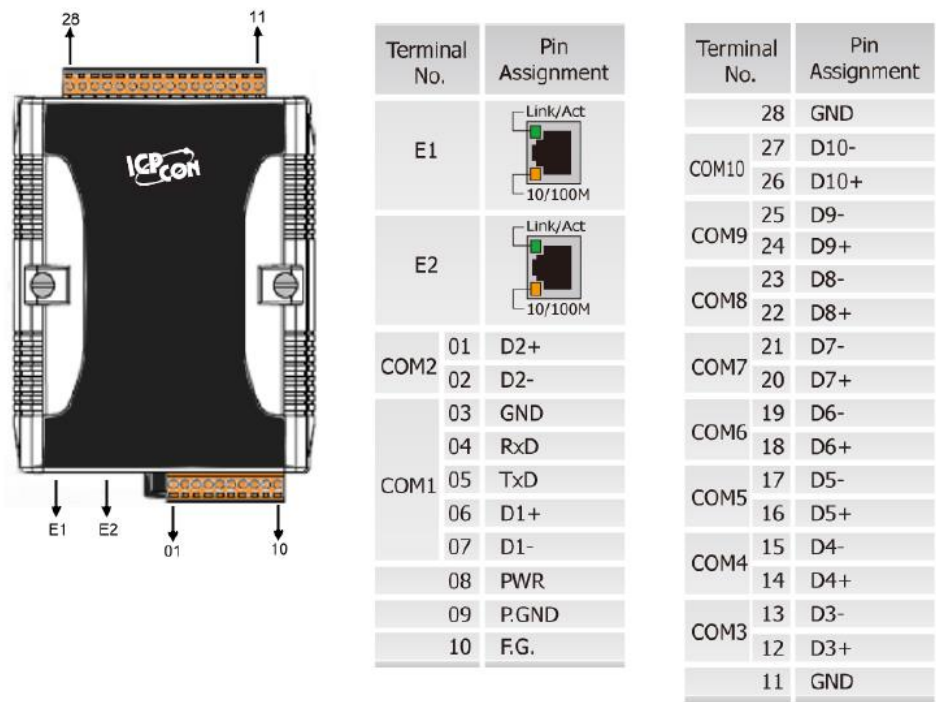


Рисунок 5.6 – Призначення виводів PDS-5105D-MTCP

На рисунку 5.7. показано вид спереду і ззаду корпусу PDS-5105D-MTCP

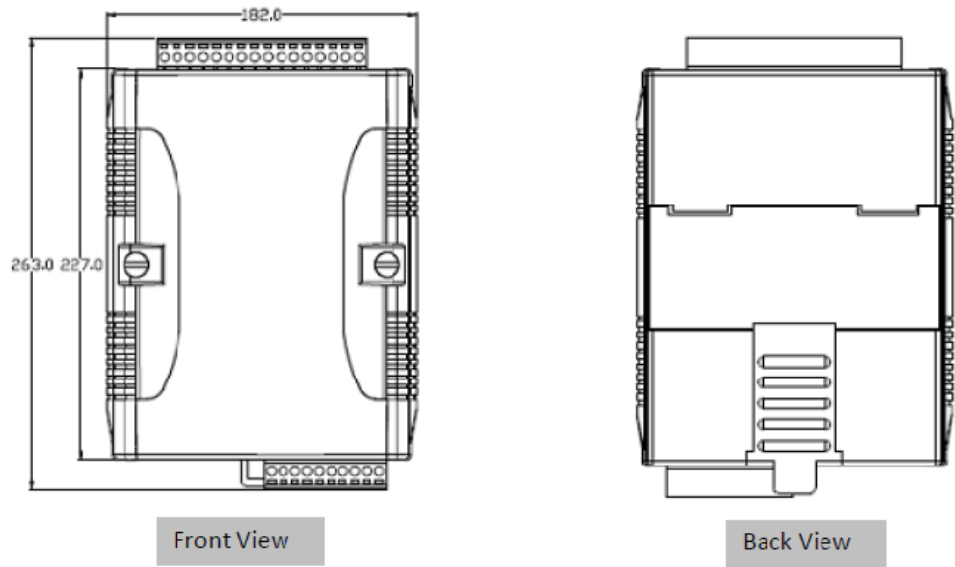


Рисунок 5.7 — Вид спереду і ззаду корпусу PDS-5105D-MTCP

5.2.3 Вибір модуля аналогового вводу

Для розроблюваної системи був обраний модуль аналогового вводу ET-7217-10 виробництва фірми ICP DAS [10].

ET-7217-10 – 10/20-канальний модуль аналогового вводу з захистом від перенапруги з вбудованим web сервером і 2 портами Ethernet Switch. ET-7217-10 є модулем накопичення та управління даними з підтримкою протоколу Modbus/TCP, що дозволяє організувати віддалену систему вводу / виводу по мережі Ethernet.

Особливості:

- 2 порти Ethernet для послідовної мережі, що допомагає економити витрати на проводку і забезпечує легку проводку.
- 10-канальний диференційний або 20-канальний несиметричний аналоговий вхід. Підтримує типи аналогового вводу: +/- 150 мВ, +/- 500 мВ, +/- 1 В, +/- 5 В, +/- 10 В +/- 20 мА, 0 ~ 20 мА, 4 ~ 20 мА (обирається перемичкою), Підтримує робочі температури від -25 ° С ~ + 75 ° С.
- Безкоштовне програмне забезпечення EZ Data Logger для реєстрації даних. Безкоштовна технічна підтримка весь час.
- Вбудований веб-сервер і веб-інтерфейс HMI дозволяють легко конфігурувати в звичайному веб-браузері. Ніяких навичок програмування не потрібно.
- Підтримка протоколів Modbus TCP і Modbus UDP. Проста інтеграція з іншими програмами вводу / виводу і SCADA.

Призначення виводів ET-7217-10 показано на рисунку 5.8. З'єднання провідників ET-7217-10 показано на рисунку 5.9.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р5	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

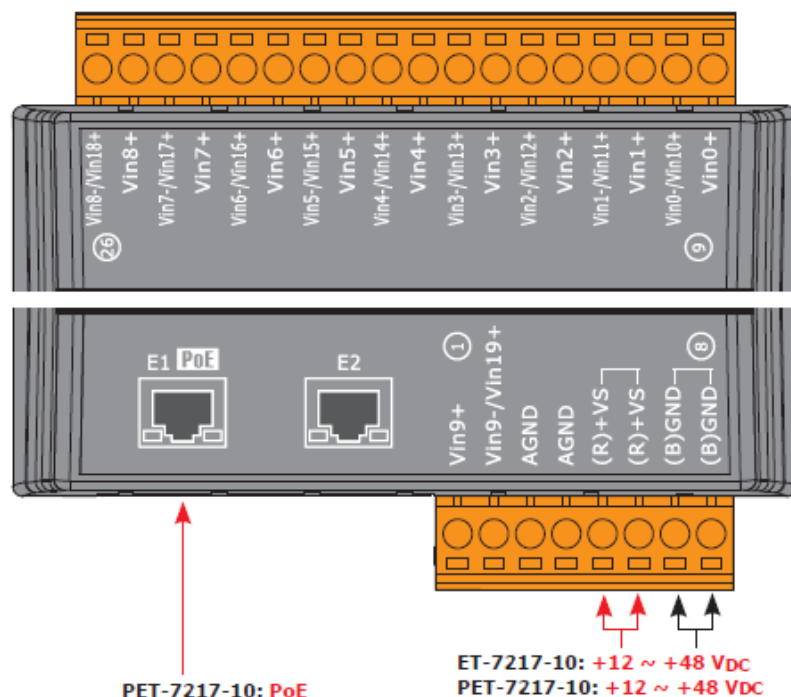


Рисунок 5.8 – Призначення виводів ET-7217-10

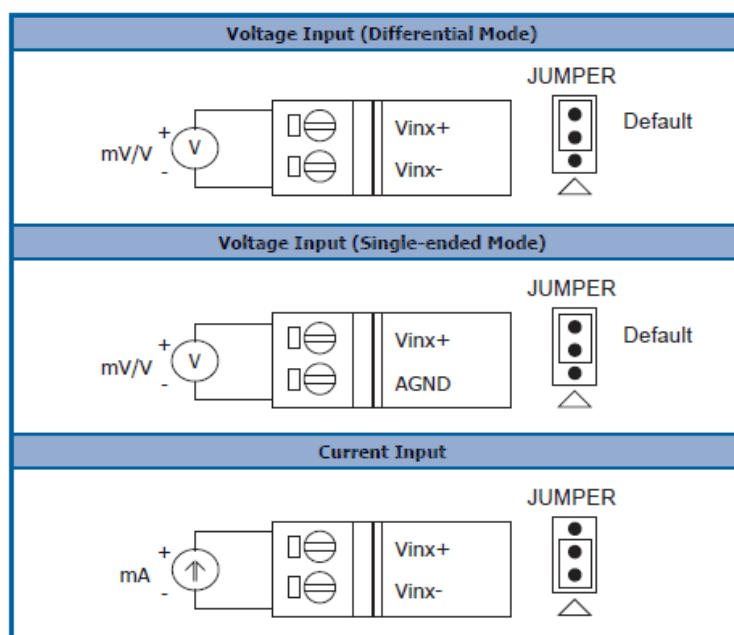


Рисунок 5.9 – З'єднання провідників ET-7217-10

5.2.4 Вибір комутатора

Для розроблюваної системи був обраний промисловий комутатор NS-208 виробництва фірми ICP DAS [10].

Серія NS-208 / NSM-108 має 8 портів Ethernet Switching, що підтримують 10/100 Base-TX, з функцією автоматичного узгодження 10 / 100M і функцією автоматичного MDI / MDI-X. Він може підключати 8 робочих станцій і автоматично перемикає швидкість передачі (10 Мбіт/с або 100 Мбіт/с) для відповідних з'єднань.

Механізм управління потоком також узгоджений. Для кожного порту є світлодіоди лінії зв'язку або швидкості передачі даних, які допомагають усунути несправності. Роз'єми портів екрановані RJ-45.

Зовнішнє джерело живлення підключається за допомогою блоку знімного терміналу:

- + Vs: Потужність +10 VDC ~ +30 VDC;
- GND: заземлення;
- F.G. : F.G. виступає за рамки Ground (захисна земля).

Призначення виводів комутатора NS-208 показано на рисунку 5.10. Зображення корпусу з різних сторін комутатора NS-208 показано на рисунку 5.11.

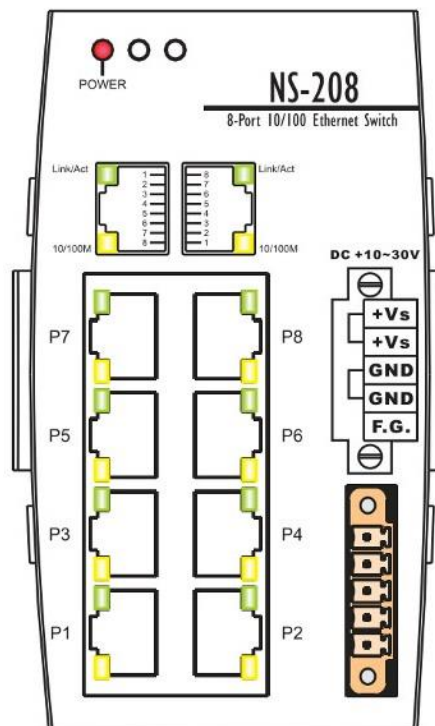


Рисунок 5.10 Призначення виводів комутатора NS-208

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р5	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

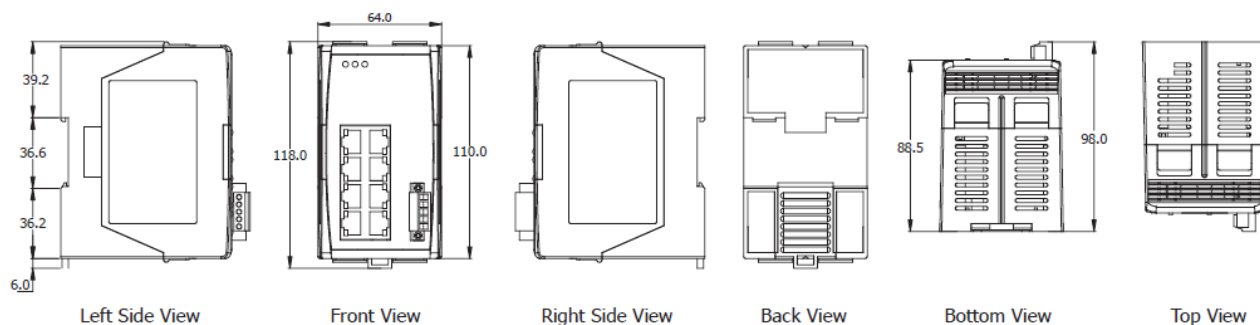


Рисунок 5.11 – Зображення корпусу з різних сторін комутатора NS-208

5.2.5 Вибір бар'єрів іскрозахисту

Для підключення рівнемірів був обраний бар'єр іскрозахисту BSZ.621.102.242.

Бар'єри іскрозахисту BSZ.621.102.242 забезпечують іскробезпеку ланцюга живлення і сигнальної ланцюга двопровідної струмової петлі 4 ... 20мА електрообладнання з видом вибухознахисту «іскробезпечне електричне коло». Живлення двопровідної струмової петлі здійснюється від зовнішнього джерела постійного струму з напругою + 24В.

Схема підключення бар'єру іскрозахисту BSZ.621.102.242 показана на рисунку 5.12.

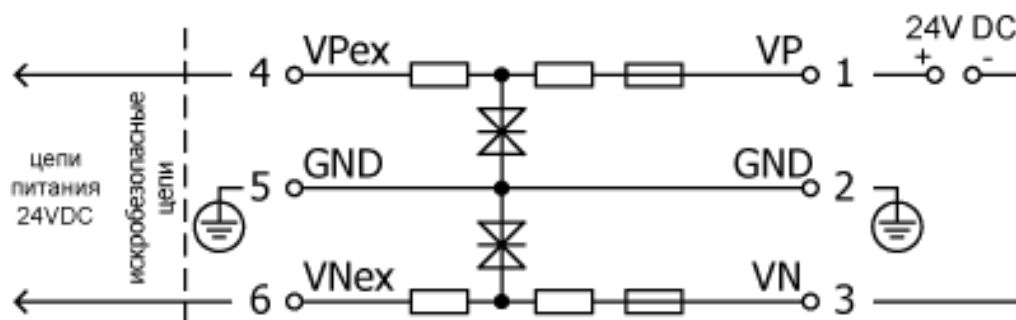


Рисунок 5.12 – Схема підключення бар'єру іскрозахисту BSZ.621.102.242

В таблиці 5.1. показана відповідність найменуванню входних і вихідні клем бар'єру іскрозахисту BSZ.621.102.242.

Таблиця 5.1- Вхідні і вихідні клеми бар'єру іскрозахисту BSZ.621.102.242

№ конт.	Найменування	Опис
1	V	Ланцюг живлення струмової петлі
2	GND	Ланцюг захисного заземлення
3	R	Сигнальний ланцюг струмової петлі
4	Vex	Іскробезпечне коло живлення струмової петлі
5	GND	Ланцюг захисного заземлення
6	Rex	сигнальний ланцюг струмової петлі

Для підключення контролерів термopідвісок був обраний бар'єр іскрозахисту BSZ.621.104.152.

Бар'єри іскрозахисту BSZ.621.104.152 забезпечують іскробезпеку сигнального ланцюга двопровідного інтерфейсу RS-485 електрообладнання з видом вибухознахисту «іскробезпечне електричне коло».

Схема підключення бар'єру іскрозахисту BSZ.621.104.152 показана на рисунку 5.13.

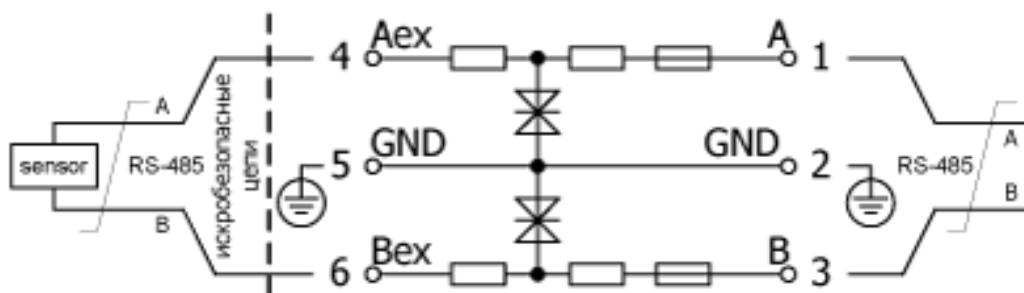


Рисунок 5.13 — Схема підключення бар'єру іскрозахисту BSZ.621.104.152

В таблиці 5.2. показана відповідність найменуванню вхідних і вихідні клем бар'єру іскрозахисту BSZ.621.104.152.

Таблиця 5.2- Вхідні і вихідні клеми бар'єру іскрозахисту BSZ.621.104.152

№ конт.	Найменування	Опис
1	A	Сигнальний ланцюг А
2	GND	Ланцюг захисного заземлення
3	B	Сигнальний ланцюг В
4	Aex	Іскробезпечний сигнальний ланцюг А
5	GND	Ланцюг захисного заземлення
6	Bex	Іскробезпечний сигнальний ланцюг В

5.2.7 Вибір термopідвіски та контролера термopідвіски

Для розроблюваної системи були обрані термopідвіски типу ТП5 та модуль температурного контролера виробництва фірми Amico.

Термopідвіски необхідні для багатоточкового вимірювання температури зерна при його зберіганні в силосі.

Конструктивно термopідвіска складається з металевого корпусу і сполученого з ним кабелю, укладеного в оболонку, армовану несучими тросами. Датчики, розташовані на кабелі, роблять виміри температури по всій його довжині і готують до видачі код, що містить результат вимірювання. Вбудований в контролер термopідвіски мікропроцесор опитує всі перетворювачі температури і за запитом надсилає інформацію по мережі (інтерфейс RS-485).

Функції контролера термopідвіски:

- адресний обмін інформацією в цифровому вигляді з датчиками термopідвіски;
- тестування стану датчиків термopідвіски.

На одній термopодвісці розташовується 10 датчиків температури.

На термopідвіски типу ТП5 встановлюються датчики температури TMP275 виробництва фірми Texas Instruments.

TMP275 є точним інтегрованим цифровим датчиком температури $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ з 12-бітним аналого-цифровим перетворювачем. Це пристрій є в SOIC-8 і VSSOP-8 пакетах, і не вимагає ніяких зовнішніх компонентів для вимірювання температури. TMP275 здатний зчитувати температуру з максимальною роздільною здатністю $0,0625^{\circ}\text{C}$ (12 біт), або $0,5^{\circ}\text{C}$ (9 біт), що дозволяє користувачеві максимізувати ефективність шляхом програмування для більш високої роздільної здатності або більш швидкого часу перетворення. Пристрій задається в діапазоні температур від -40°C до 125°C .

Функціональна схема датчику температури TMP275 показана на рисунку 5.14.

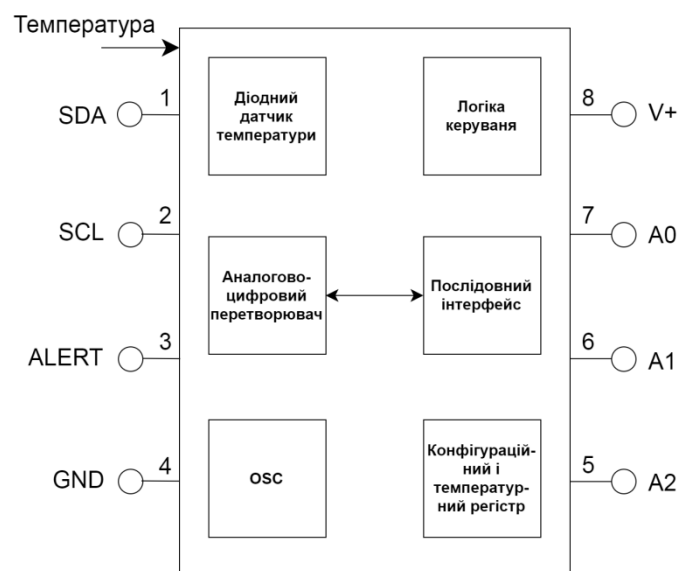


Рисунок 5.14 – Функціональна схема датчику температури TMP275

5.2.6 Вибір блоку живлення

Для розроблюваної системи був обраний промисловий блок живлення MDR-40-24.

Особливості:

- універсальний вхідний діапазон напруг;
- захист від КЗ, перевантаження по струму і напрузі;
- споживання в режимі холостого ходу $<75\text{Вт}$;
- монтаж на DIN-рейку TS35 / 7.5 або 15;
- природне охолодження;

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р5	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- індикація мережі.

Зображення корпусу та призначення виводів блоку живлення MDR-40-24 показано на рисунку 5.15.

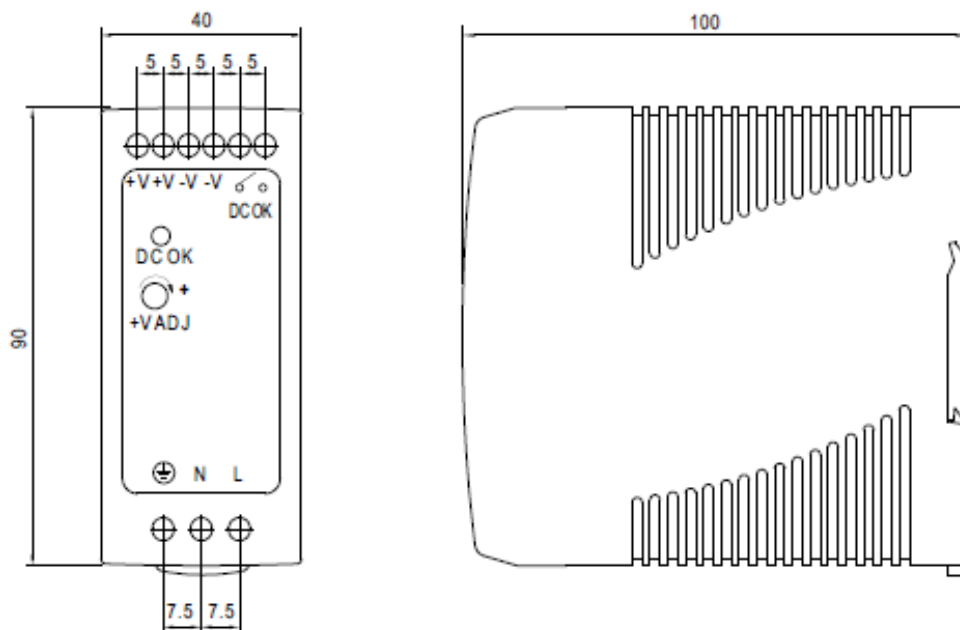


Рисунок 5.15 – Зображення корпусу та призначення виводів блоку живлення MDR-40-24

Висновки за розділом 5

В цій главі був розроблений алгоритм роботи КС контролю параметрів зберігання сипучих продуктів, а також були обрані апаратні засоби. Розроблений алгоритм відображає паралельну роботу різних компонентів системи, а також показує принцип взаємодії апаратних засобів системи з ПК. Алгоритм має просту структуру, та відповідає заявленим вимогам до системи. Обрані апаратні засоби відповідають вимогам, і забезпечують роботу кожного блоку системи. Вони мають надійну структуру, та оптимальну ціну

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р6			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Корольчук Д.В.				РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Грешнов А.Ю.							
Консульт.						НУК ім. ам. Макарова		
Н. контроль	Грешнов А.Ю.							
Зав. каф.								

РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ

6.1 Відомості про засоби розробки і допоміжне ПЗ

Для розробки програмного забезпечення використовувалася графічна підсистема Windows Presentation Foundation (WPF). Яка є графічною підсистемою в складі .NET Framework. В основі WPF лежить векторна система візуалізації, яка не залежить від здатності пристрою виводу і створена з урахуванням можливостей сучасного графічного обладнання [7], [15]. WPF надає засоби для створення візуального інтерфейсу, включаючи мову XAML. XAML — розширювана мова розмітки застосунків, є мовою розмітки, яку використовують для створення екземплярів об'єктів .NET. Для розробки програми використовувалася мова програмування C# [6]. Як середовище розробки була використана Visual Studio 2017. Інтерфейс програми показаний на рисунку 6.1

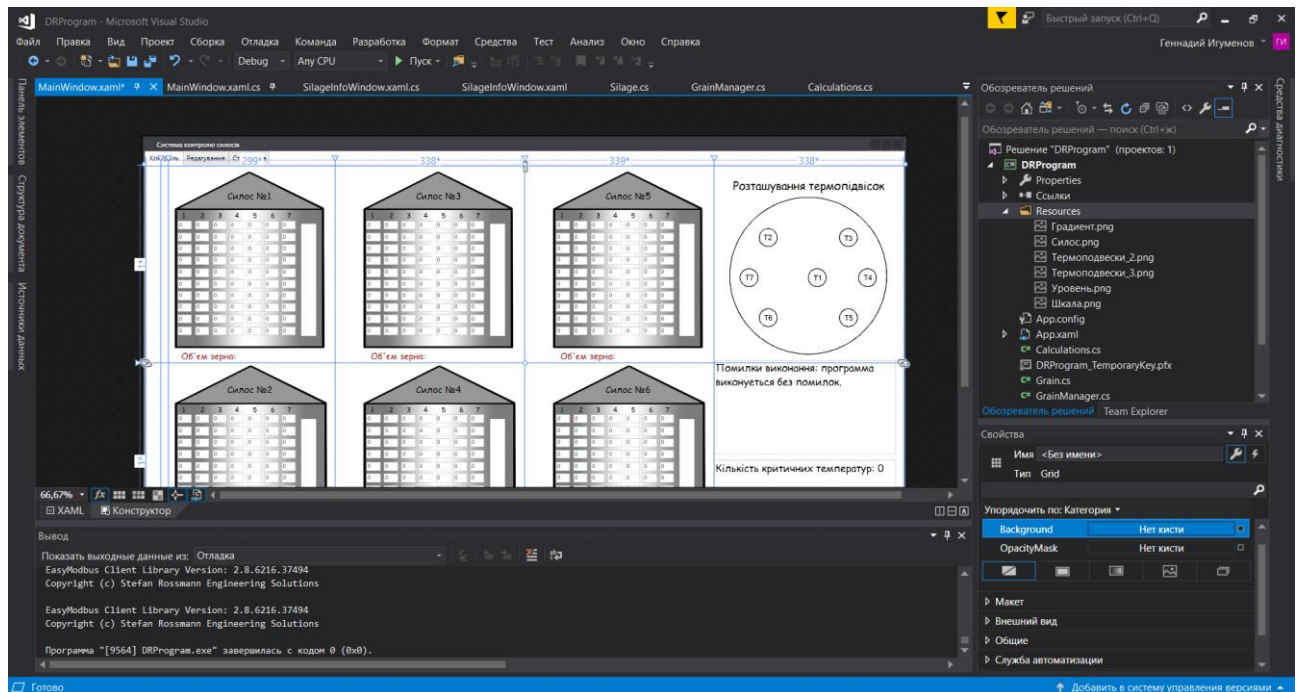


Рисунок 6.1 – Інтерфейс програми Visual Studio 2017

Для передачі результатів вимірювання в ПК розроблювана система використовує комунікаційний протокол Modbus TCP/IP. Modbus відноситься до протоколів прикладного рівня мережевої моделі OSI. Контролери на шині Modbus взаємодіють, використовуючи master-slave модель, засновану на транзакціях, що складаються із запиту і відповіді. “Головним” клієнтом (master) виступає ПК оператора, а “підлеглими” (slaves) пристроями – Ethernet сервер послідовних інтерфейсів або модуль аналогового вводу, які реалізують комунікаційний протокол Modbus TCP. Для емуляції slaves пристроїв була використана програма для емуляції Modbus Slave. Інтерфейс програми показаний на рисунку 6.2.

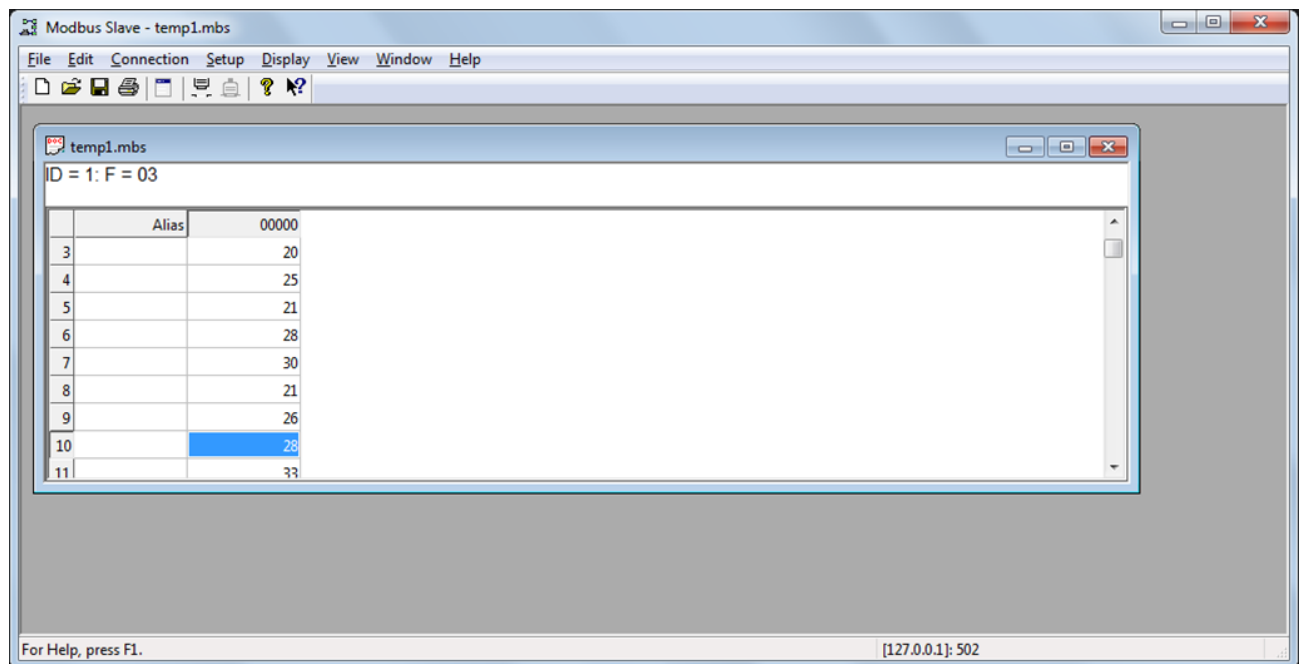


Рисунок 6.2 – Інтерфейс програми Modbus Slave

При натисканні пункту меню Connection відкривається вікно з налаштуваннями з'єднання, де встановлюється формат Modbus протоколу, IP-адреса і номер порту (рис. 6.3). У нашому випадку обираємо Modbus TCP/IP, та встановлюємо IP адресу slave пристрою. Натискаємо ОК для включення віртуального slave з'єднання.

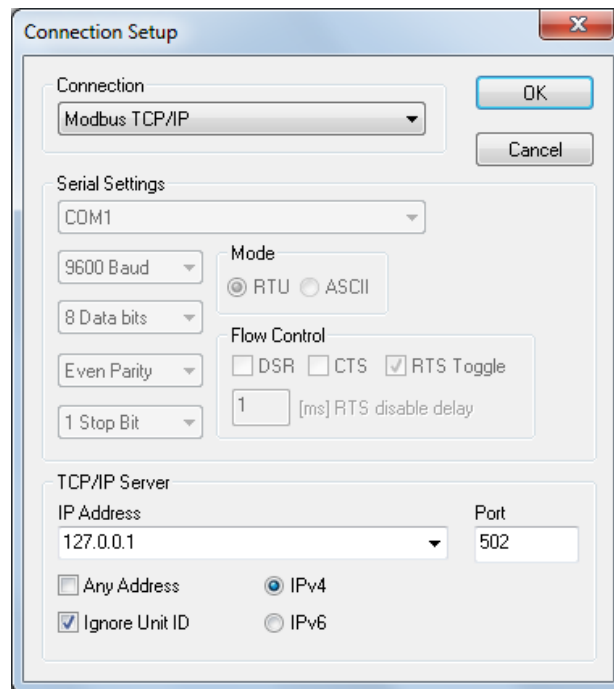


Рисунок 6.3 – Вікно з налаштуваннями з'єднання

6.2 Алгоритм роботи програми

Алгоритм роботи програми показаний на рисунку 6.4.



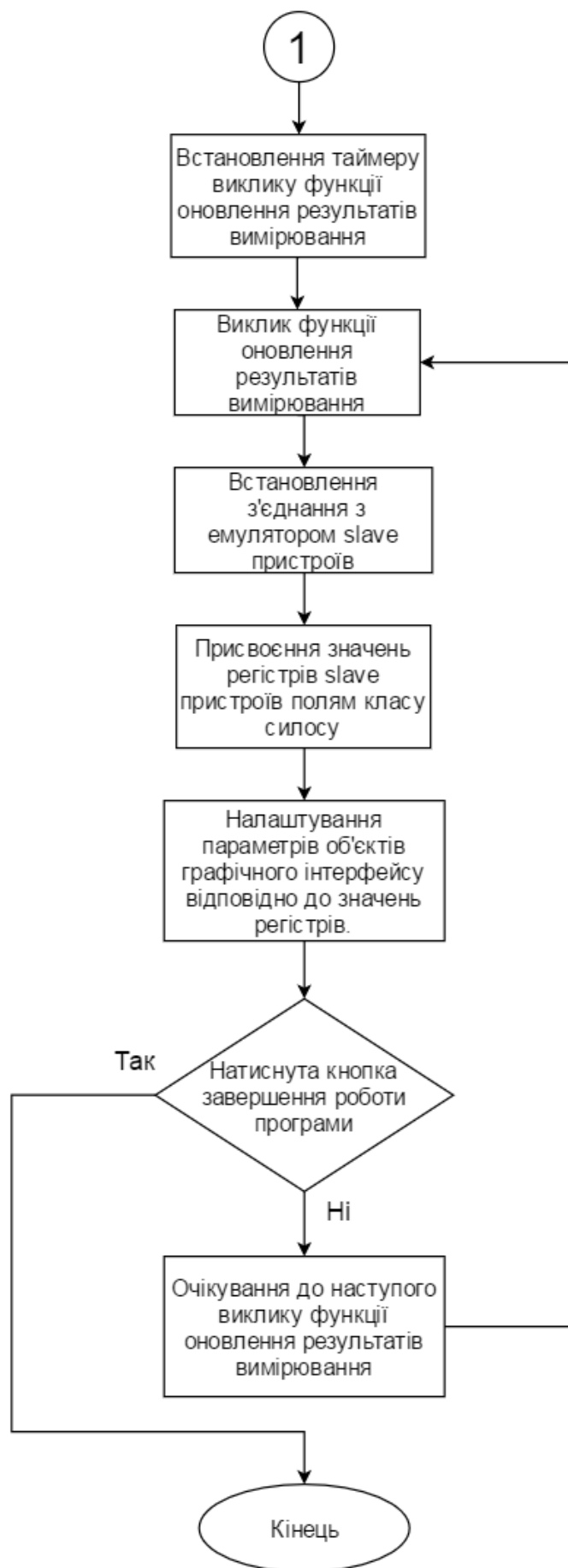


Рисунок 6.4 – Алгоритм роботи програми

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р6

Арк.
77

Робота програми починається зі створення графічного інтерфейсу. Для його створення використовувався мова розмітки XAML. Графічне відображення здійснюється за допомогою конструктора (рис. 6.5). В ресурси проекту були завантажені зображення, які є складовими GUI.

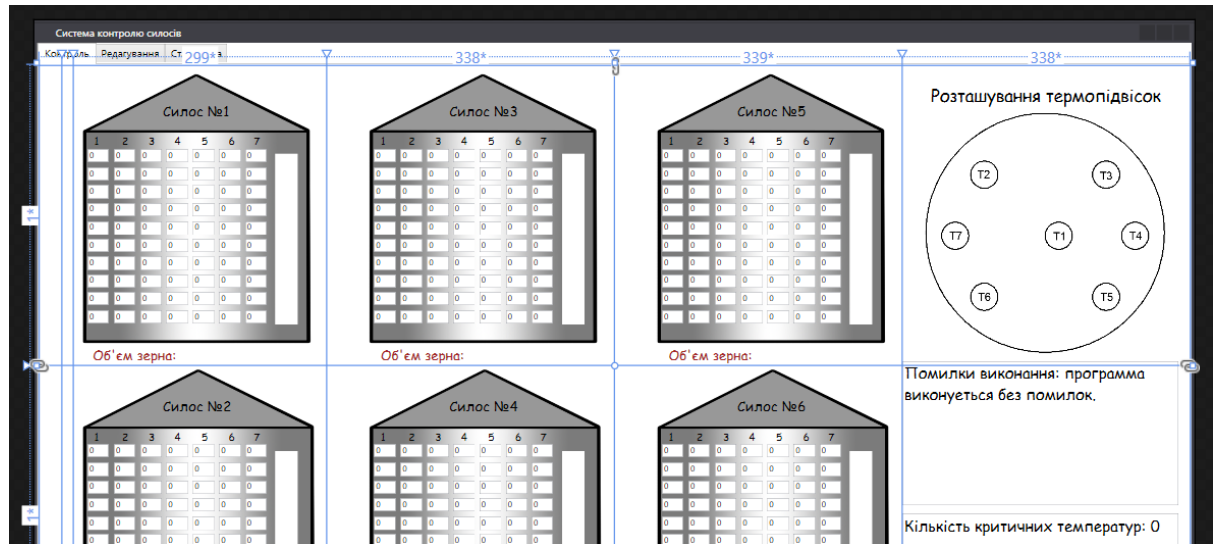


Рисунок 6.5 – Графічний конструктор у WPF

Відображення даних о поточній температурі та об'ємі зерна в силосі здійснюється на вкладці «Контроль» (рис 6.6).

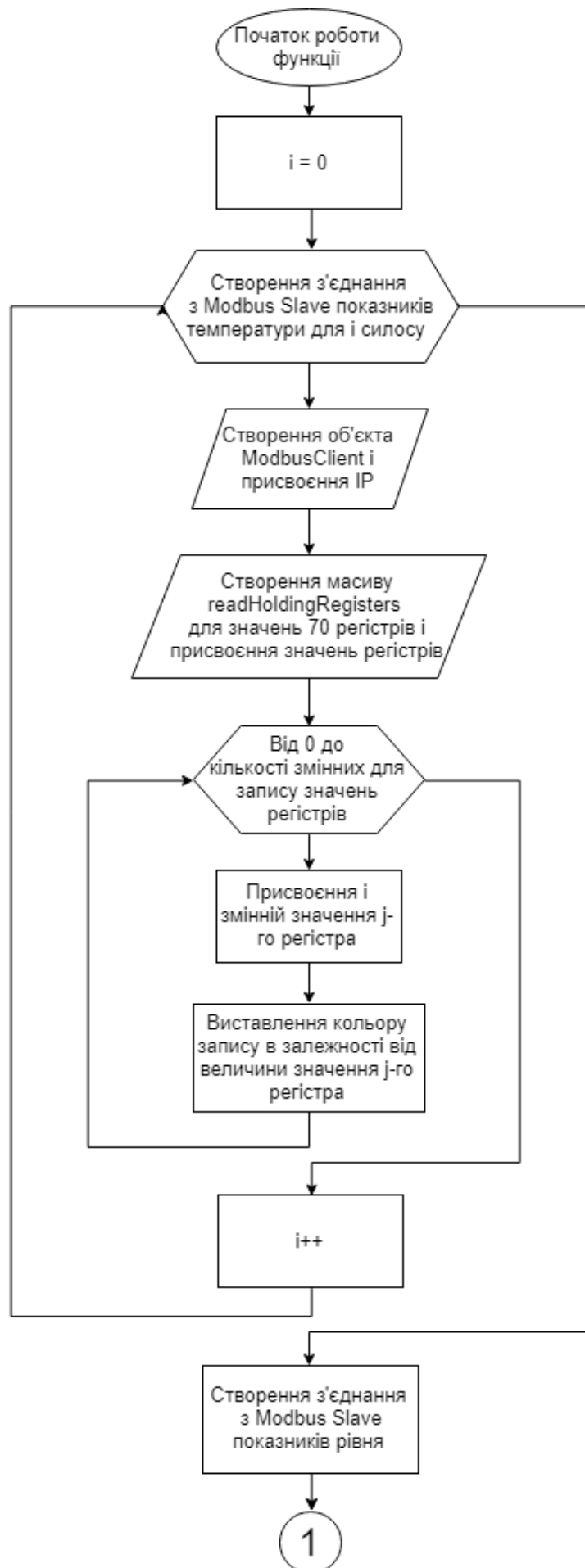


Рисунок 6.6 – Вкладка «Контроль»

Для зберігання даних кожного силосу був створений клас Silage, в якому знаходяться поля для зберігання параметрів, таких як значення температур, рівня зерна в усіх точках, розмірів силосу, параметри продукту, що зберігається в силосі, та полів, які відповідають об'єктам графічного інтерфейсу. В головному класі програми був створений список об'єктів класу Silage. Кожен об'єкт цього списку відповідає силосу на графічному інтерфейсі, тому поля об'єктів були проініціалізовані відповідно до об'єктів графічного інтерфейсу. Ініціалізація здійснюється в методі InitializeElements. Для постійного оновлення значень результатів вимірювань був доданий таймер в методі TimerCall, який викликає функцію оновлення результатів вимірювань ModbusDate через кожні 2 секунди.

Алгоритм роботи функції ModbusDate показаний на рисунку 6.7.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р6	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



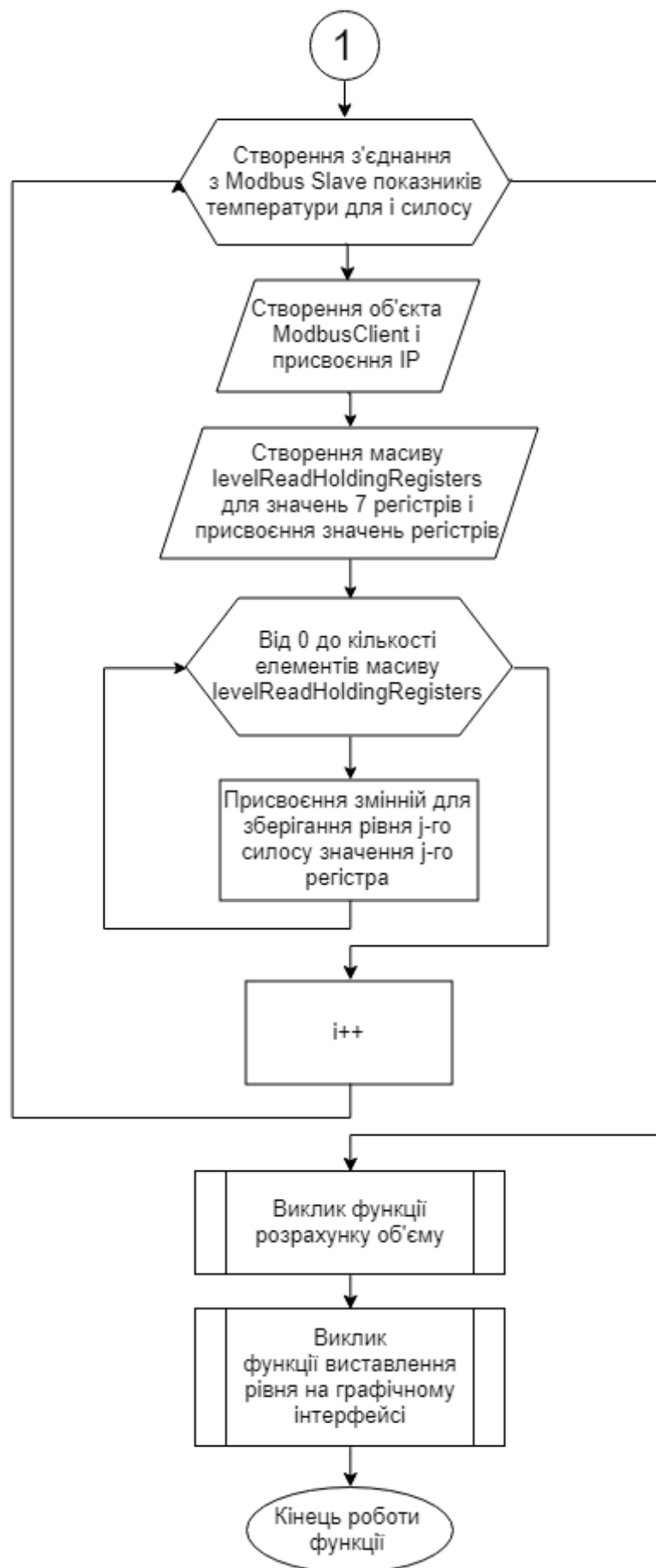


Рисунок 6.7 – Алгоритм роботи функції оновлення результатів вимірювань

Робота функції починається з отримання значень температури. Для цього в циклі з 6 ітерацій, які відповідають кількості силосів, створюється об'єкт класу ModbusClient, в конструктор якого були додані IP-адреса пристрою та порт з'єднання для отримання показників температури. Далі був створений масив readHoldingRegisters, в якому зберігаються значення регістрів показників температури. У кожного об'єкта класу Silage є масив, який відповідає текстовим контейнерам на графічному інтерфейсі. Кожному елементу цього масиву присвоюється відповідний елемент масиву регістрів. В залежності від значення регістрів на графічному інтерфейсі змінюється колір текстового контейнера (рис. 6.8).

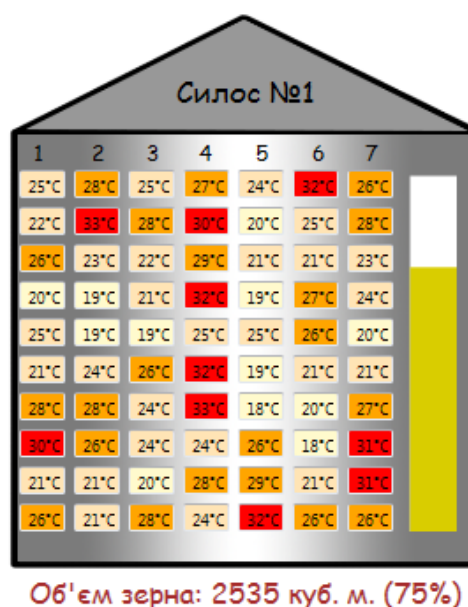


Рисунок 6.8 – Зміна кольору в залежності від температури

Далі в циклі був створений об'єкту класу ModbusClient, в конструктор якого були додані IP-адреса пристрою та порт з'єднання для отримання показників рівня. Був створений масив levelReadHoldingRegisters, в якому зберігаються значення регістрів показників рівня для поточної IP адреси. В циклі значення кожного регістру було присвоєно відповідному значенню списку LevelSensorsValues об'єкта класу Silage. Після цього було створено екземпляр класу Calculations, де розраховується поточний об'єм зерна для кожного силоса, враховуючи поточні показники рівня. Після розрахунку об'єму і відсотка

заповнення ці значення встановлюються на графічному інтерфейсі для кожного об'єкта класу Silage (рис. 6.9).

Об'єм зерна: 2535 куб. м. (75%)

Рисунок 6.9 – Виведення інформації про рівень зерна

Клас Calculations відповідає за розрахунок об'єму зерна в силосі. Він реалізує метод розрахунку об'єму, що розглянуто в главі 6. Клас містить 2 методи: CalculateVolume та CalculateCommonVolume. В методі CalculateVolume визначається форма конуса, та присвоюється полю coneForm через перелік ConeForm. В методі CalculateCommonVolume вираховується середня висота конуса для кожного показника рівня з бокових рівнемірів. Після цього вираховується об'єм конуса, висота циліндру, його об'єм, то загальний об'єм в залежності від форми конуса, присвоєного полю coneForm. Значення об'єму, вираховане в цьому методі повертається до методу CalculateVolume, що в свою чергу повертає значення до методу ModbusDate, в якому це значення присвоюється полю VolumeOfGrain кожного екземпляру класу Silage.

На вкладці контроль при натисканні на кожен силос відкривається вікно «Інформація про силос» (рис. 6.10), В якому відображається інформація про силос, така як номер силосу, інформація про культуру що зберігається, межі температури, і технічні дані про силос. Також у вікні показано графічне відображення рівня зерна. Оновлення даних здійснюється в методі UpdateSilageData класу SilageInfoWindow при кожному відкритті вікна. Також при кожному відкритті вікна здійснюється оновлення графічного відображення рівня в методі GrainLevel класу SilageInfoWindow [16].

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р6	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 6.10 – Вікно «Інформація про силос»

Також на графічний інтерфейс виводиться показник критичних температур. Також у функцію доданий обробник виключень, який виводить на графічний інтерфейс інформацію о помилках процесі з'єднання з slave пристроями. Після цього функція закінчує своє виконання, і знову викликається через 2 секунди. Також на графічному інтерфейсі відображається розташування термopідвісок на силосі (рис. 6.11).

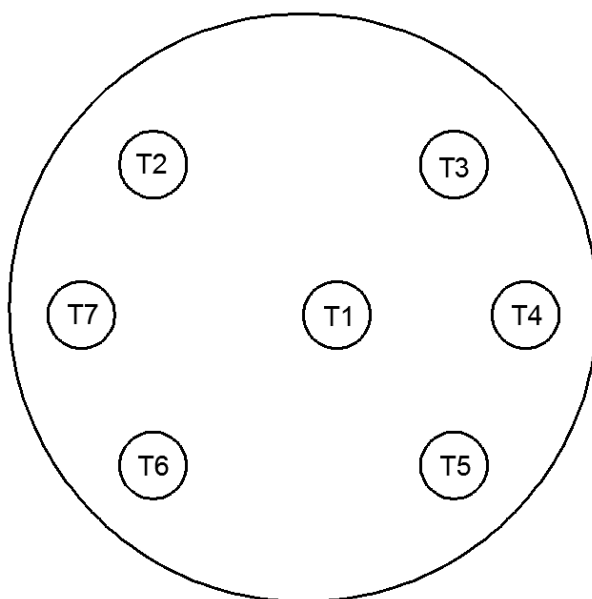


Рисунок 6.11 – Розташування термopідвісок на силосі

На вкладці «Редагування» (рис. 6.12) відображаються поля для вводу даних про кожен силос. Таких як номер силосу, інформація про культуру, що зберігається в силосі, межі температури, і технічні дані про силос. А також ComboBox для вибору потрібного для відображення силосу. При виборі номера силосу зі списку відриваються поля для вводу відповідної інформації. При наявності вже збереженої інформації в пам'яті програми, ця інформація буде відображатися в полях для вводу. При натисканні кнопки «Оновити інформацію» викликається метод Update_Silage_Data_Button_Click, який зчитує дані з полів для вводу, і присвоює ці значення відповідним полям класу Silage. При цьому в методі визначається номер силосу, який був обраний в даний момент на графічному інтерфейсі.

Рисунок 6.12 – Вкладка «Редагування»

Також на вкладці «Редагування» реалізована можливість генерації Excel файлів для відображення даних про поточний рівень і об'єм зерна в силосі (рис. 6.13), або Excel файлів для відображення даних про датчиках температури (рис. 6.14), розташованих на силосі. На графічному інтерфейсі надається можливість

вибору номера силосу, для якого буде згенеровано Excel файл. Генерація Excel файлів проводиться за допомогою бібліотеки Excel платформи .NET Framework.

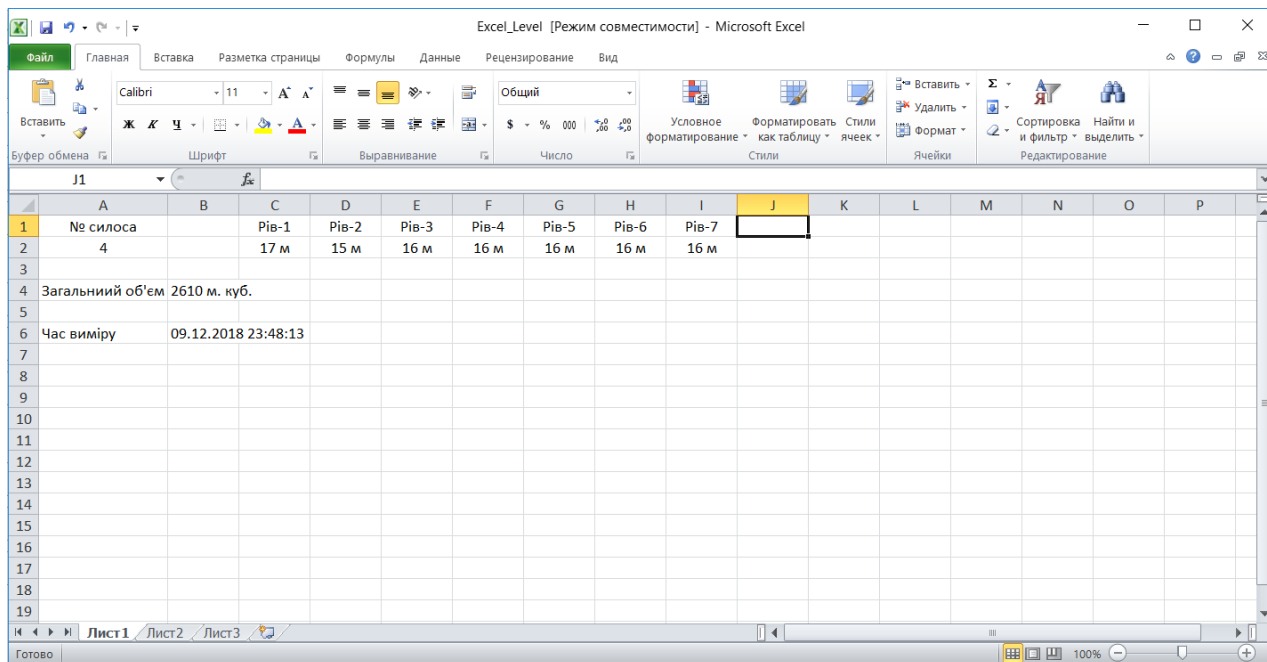


Рисунок 6.13 – Excel файл з відображенням рівня та об'єму зерна в силосі

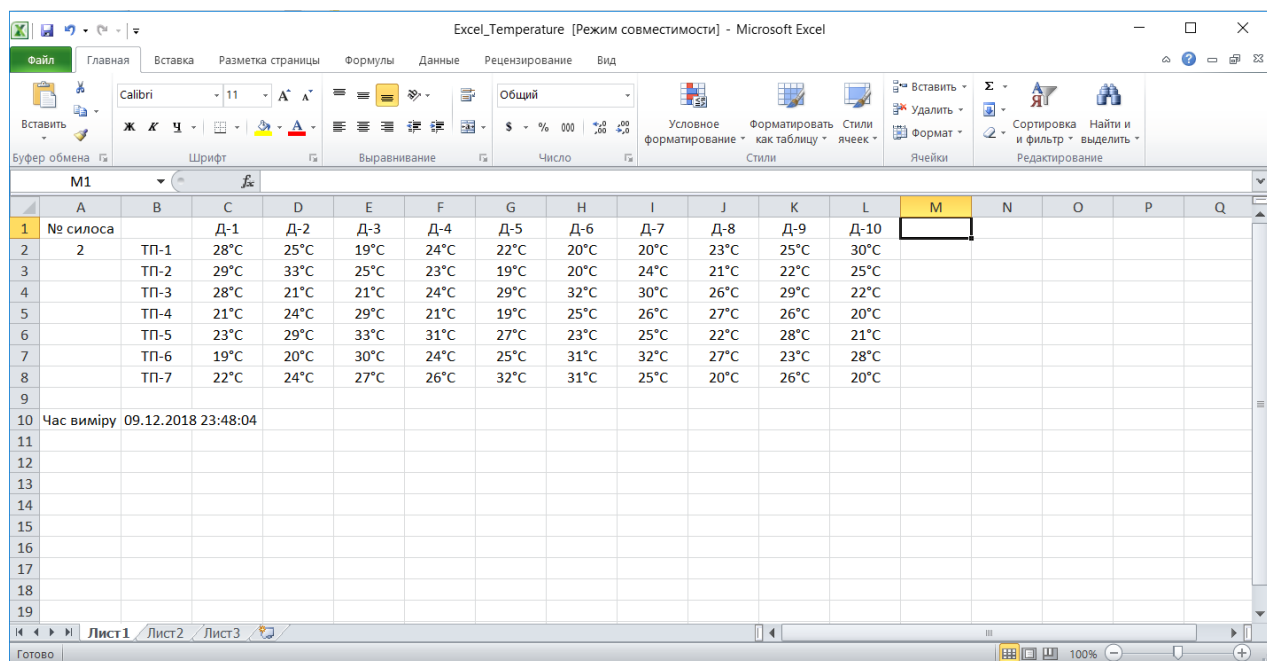


Рисунок 6.14 – Excel файл з відображенням даних про датчиках температури

На вкладці «Статистика» (рис. 6.15) здійснюється можливість відображення графіків динаміки зміни рівня і температури. У цій вкладці реалізований вибір

силосу, для якого буде побудований графік. Генерація графіка рівня здійснюється для конкретно обраного силосу, і для певної дати, яку можна вибрати на представленому в графічному інтерфейсі календарі. Натискання на кнопку "Згенерувати" викликає метод `GenerateLevelChart_Button_Click`, в якому створюються об'єкти класу `ObservableValue`, в конструктор яких передаються значення рівня, для обраного періоду часу і номера силосу. Далі ці об'єкти використовуються для побудови графіка за допомогою пакета `LiveCharts` [16]. Кожне натискання кнопки "Згенерувати" генерує новий графік.

Для побудови графіків динаміки зміни температури є можливість вибрати номер силосу, а також номер термopідвіски і номер датчика температури. Натискання на кнопку "Додати" викликає метод `AddTempChart_Button_Click`, в якому створюються об'єкти класу `ObservableValue`, в конструктор яких передаються значення температури, для обраного періоду часу і номера силосу, а також конкретної термopідвіски і датчика температури для обраного силосу. На відміну від графіка рівня, графік температури додає на наявний графік нові значення. Тому присутня можливість побудови відразу декількох кривих температури для різних датчиків.

Кнопка "очистити" видаляє поточні криві з графіка.

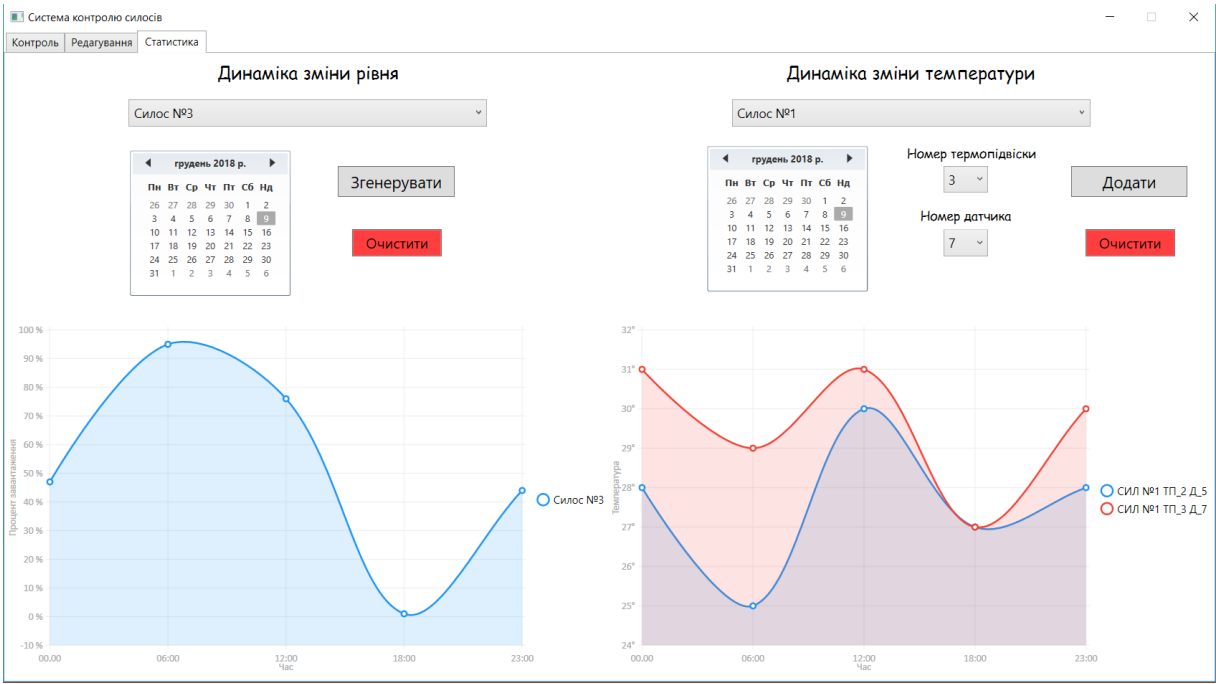


Рисунок 6.15 – Вкладка «Статистика»

Програма закінчує свою роботу після натиснення кнопки виходу з програми.

Код програми представлений в додатку А.

Висновки за розділом 6

В цій главі було створено програмне забезпечення для системи оперативного контролю параметрів зберігання сипучих продуктів. Розроблене ПЗ дозволяє отримувати оперативну інформацію про результати вимірювання датчиками температури та рівнемірами. Графічний інтерфейс дає можливість оперативно визначити на якому з датчиків температури була отримана критична або не відповідна нормам температура. Також графічний інтерфейс програми надає інформацію про рівень та об'єм зерна в кожному силосі. Об'єм зерна розраховується виходячи з показників рівня. Програма дозволяє вводити інформацію про кожен силос, та відображати динаміку зміни даних вимірювання. А також програма надає можливість формування звітів про виміри.

Перевагами програми є зрозумілий інтерфейс, та можливість оперативного контролю параметрів зберігання сипучих продуктів.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р6	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р6			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Корольчук Д.В.			ОХОРОНА ПРАЦІ			
Керівник		Грешнов А.Ю.						
Консульт.								
Н. контроль		Грешнов А.Ю.						
Зав. каф.								
					Літ.	Арк.	Аркушів	
					НУК ім. ам. Макарова			

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Інструкція з охорони праці при роботі з ПК

7.1 Загальні положення

До самостійної роботи на комп'ютерах допускаються особи, які:

- пройшли вступний інструктаж та інструктаж з питань охорони праці, пожежної безпеки при виконанні роботи на ПК з записом в журналах інструктажів;
- пройшли попередній та періодичний медичний огляди та за станом здоров'я допущені до виконання робіт на ПК;
- знають правила надання першої допомоги потерпілим;
- інструктаж і перевірку знань з електробезпеки.

Користувач повинен:

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- не допускати в робочу зону сторонніх осіб;
- не виконувати вказівок, які суперечать правилам охорони праці;
- пам'ятати про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці та безпеку товаришів по роботі;
- вміти надавати першу медичну допомогу потерпілим від нещасних випадків;
- вміти користуватись первинними засобами пожежегасіння;
- виконувати правила особистої гігієни.

Основним обладнанням робочого місця користувача ПК є: ВДТ, системний блок, клавіатура, друкуючий пристрій (принтер), зовнішні пристрої пам'яті, сканер, "миша", блок безперервного живлення, робочий стіл, стілець та інше; допоміжним – шафи, полиці, сейф та ін.

Основні шкідливі фактори, пов'язані з працею на ПК є:

- напруга зорових органів і пов'язана з нею втома та побічні ефекти;
- значне навантаження на пальці та кисті рук;

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р7	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- довге перебування в одному і тому самому положенні, що викликає застійні явища в організмі;
- нервово-емоційне напруження при роботі на ПК;
- випромінювання різного виду при використанні відео моніторів на електронно-променевих трубках;
- механічні шуми, які виникають при роботі електромеханічного принтера та вентиляторів.

Необхідно виконувати роботу, доручену безпосереднім керівником, та проводити її з виконанням наведених вимог.

Загальні вимоги до обладнання робочого місця з ПК:

1. Робоче місце для працюючих з відео терміналами необхідно розташувати таким чином, щоб до поля зору працюючого не потрапляли вікна, освітлювальні прилади, поверхні які мають властивість віддзеркалювання. Поверхня робочого столу не повинна бути полірованою. Для попередження відблисків на екрані відео моніторів, особливо влітку та у сонячні дні, екран відео монітора слід розміщувати так, щоб світло від вікна падало збоку, бажано зліва.

2. Екран відео монітору ПК повинен знаходитись від очей користувача (надалі оператора)

3. на відстані не менше 500 – 700 мм. Кут зору в межах 10-40 градусів. Найбільш раціональним є розташування екрану перпендикулярно до лінії зору оператора.

4. ПК повинен розташовуватися на відстані не ближче 1 метра від джерела тепла.

5. Клавіатура повинна розміщуватися на поверхні столу або спеціальній підставці на відстані 100-300 мм від краю, повернутого до користувача. Кут нахилу панелі клавіатури до горизонтальної поверхні повинен бути в межах від 5 до 15 градусів.

6. Висота робочої поверхні стола повинна бути в межах 680-800 мм.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р7	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Крісло повинно забезпечувати операторові зручні умови праці та фізіологічну раціональну робочу позу в процесі праці. Крісло повинно забезпечувати можливість регулювання висоти поверхні сидіння, кут нахилу спинки та висоту спинки.

8. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють відблиски на екрані відео монітора на вікнах повинні бути встановлені сонцезахисні пристрої. Екран відео монітора повинен розміщуватись так, щоб світло від вікна падало на робоче місце збоку, бажано зліва.

9. Як джерело штучного освітлення в приміщеннях, де встановлено ПК, бажано використовувати люмінесцентні лампи. Можливе застосування ламп розжарювання в світильниках місцевого освітлення. Освітленість робочого місця у горизонтальній площині на висоті 0,8 м від рівня підлоги повинна бути не менш 400 лк. Вертикальна освітленість у площині екрану не більше 200 лк. Для зменшення напруженості зору необхідно забезпечити достатньо рівномірне розподілення яскравості робочої поверхні відео монітора та навколишнього простору.

10. У приміщеннях для роботи ПК необхідно проводити щоденне вологе прибирання та регулярне провітрювання протягом робочого дня. Видалення пилу з екрану необхідно проводити не рідше 1 разу на день.

11. Для захисту оператора від електромагнітних випромінювань і електростатичних полів, які створює відео монітор необхідно використовувати захисні екрани.

12. Згідно ГОСТ 12 1 005-85 “Воздух рабочей зоны. Общин санитарно-гигиенические требования” температура навколишнього середовища повинна бути в межах 18-22 градусів С , відносна вологість повітря близько 55 % швидкість руху повітря – 0,1-0,2 м сек.

13. Користувачам ПК слід носити одягу з природніх матеріалів або комбінованих природних і штучних волокон.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р7	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи працівник повинен зовнішнім оглядом перевірити цілісність корпусів системного блоку, відео монітора, принтера, клавіатури.

Перевірити цілісність кабелів живлення, місць їх підключення (розеток електромережі, продовжувачів електромережі, розгалужувальних коробок, штепсельних вилок).

Підготувати своє робоче місце, прибравши речі, які можуть заважати при виконанні роботи.

Ввімкнути живлення ПК.

У випадку, якщо після ввімкнення ПК не проходить загрузка або комп'ютер не виходить на робочий режим, працівник повинен повідомити керівника чи спеціаліста відділу інформаційних технологій.

При виявленні ушкодження або яких-небудь інших недоліків повідомити безпосереднього керівника. Не приступати до роботи без його вказівки.

7.3 Вимоги безпеки під час роботи

Необхідно стійко розташувати всі складові пристрої на столі, в тому числі і клавіатуру. Разом з тим повинна бути передбачена можливість переміщення клавіатури. Її розташування і кут нахилу повинні відповідати побажанням користувача ПК. Якщо в конструкції клавіатури не передбачений простір для опору долонь, то її слід розташовувати на відстані не менше 100 мм від краю столу в оптимальній зоні моніторного поля. При роботі на клавіатурі слід сидіти прямо, не напружуватись.

Для зменшення несприятливого впливу на користувача пристроїв типу "миша" (вимушена поза, необхідність постійного контролю за якістю дій) слід забезпечити вільною більшу площу поверхні столу для переміщення "миші" і зручного упору ліктьового суглоба.

Не припустимі сторонні розмови, роздратовуючи шуми тощо.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р7	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Періодично при вимкненому ПК слід видаляти злегка зволоженою мильним розчином хлопко-паперовою салфеткою пил з поверхонь апаратури. Екран і захисний екран протирають ватою, зволоженою спиртом.

Не дозволяється використовувати рідинні або аерозольні засоби чистки поверхонь ПК.

Забороняється:

- самостійно ремонтувати апаратуру, в яких кінескоп та інші елементи можуть знаходитись під високою напругою (до 25 кВ0.)

- класти будь-які речі на апаратуру ПК, бутерброди та напої на клавіатуру або поруч з нею. Це може вивести її з ладу;

- затуляти вентиляційні отвори в апаратурі, це може призвести до її перегріву і виходу з ладу.

Для зменшення негативного впливу на стан здоров'я працівників різних факторів ризику, пов'язаних з роботою на ПК, передбачаються додаткові регламентовані перерви для відпочинку користувачів ПК:

- через кожний час безперервної роботи – 10 хвилин;
- через кожні 2 години – 15 хвилин.

При можливості слід чергувати зміну діяльності з іншою, не пов'язаною з роботою на ПК.

З метою зменшення негативного впливу монотонності доцільно застосовувати чергування операцій введення тексту і введення даних (зміна змісту і темпу роботи) і т.п.

При виконанні роботи (більше 20 хвилин), коли втручання користувача в роботу програми не потрібне, бажано вимикати живлення відео монітора.

Для підтримки загального тону м'язів, профілактики кістково-м'язових порушень, зорового дискомфорту та інших несприятливих суб'єктивних почуттів під час регламентованих перерв необхідно виконувати комплекси рекомендованих вправ для очей, для хребта, для рук.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р7	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість мікро пауз до 1-2 хвилин слід визначити індивідуально. Форма та зміст перерв можуть бути різними виконання допоміжних робіт, не пов'язаних з роботою ПК , приймання їжі, виконання рекомендованих вправ.

Виконання фізичних вправ протягом дня рекомендується індивідуально, залежно від почуття втоми. Гімнастика повинна біти на корекцію вимушеної пози покращення кровообігу, часткову компенсацію, дефіциту рухової активності.

Про виявлені несправності (іскріння, пробоїв, запаху гару, ознак горіння тощо) негайно припинити роботу, відключити все обладнання від електромережі і терміново повідомити безпосереднього керівника або спеціаліста по ремонту ПК.

7.4 Вимоги безпеки при закінчення роботи на ПК

Закінчити і зберегти в пам'яті ПК файли, які знаходились у роботі. Виконати всі дії для коректного завершення роботи в оперативній системі.

Вимкнути принтер та інші периферійні пристрої, вимкнути системний блок. При наявності пристрою безперебійного живлення (ПБЖ) вимкнути його живлення.

Вимкнути ПК кнопкою «POWER» (ПИТАНИЕ) та вийняти штепсельну вилку кабелю живлення з розетки

Накрити клавіатуру кришкою для попередження попадання в неї пилу.

Навести порядок на робочому місці.

7.5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Якщо після ввімкнення ПК відчувається запах горілого або при доторканні до металевих частин ПК відчувається дія електричного струму, потрібно негайно відключити ПК від електромережі та повідомити про це своєму керівникові.

У випадку виникнення пожежі негайно розпочати гасіння наявними засобами пожежогасіння і повідомити за телефоном 101 (міська пожежна охорона) та начальнику ДПД підприємства. Пам'ятайте, що загашувати

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р7	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електроустановки слід вуглекислотними вогнегасниками, сухим піском, щоб уникнути ураження електричним струмом.

При отриманні травми припинити роботу, надати першу медичну допомогу, викликати швидку медичну допомогу за телефоном 103, при необхідності доставити в лікарняний заклад.

Послідовність надання першої допомоги:

- усунути вплив на організм небезпечних та шкідливих чинників, які погрожують здоров'ю та життю постраждалого (звільнити від впливу електричного струму, винести із зараженої атмосфери, погасити одяг, що горить, тощо);

- визначити характер та тяжкість травми, найбільшу загрозу для життя постраждалого та заходів щодо його врятування;

- виконати необхідні заходи щодо врятування постраждалого за порядком терміновості (відновити прохідність дихальних шляхів, провести штучне дихання, зовнішній масаж серця, зупинити кровотечу, іммобілізувати місце перелому, накласти пов'язку тощо);

- підтримувати основні життєві функції постраждалого до прибуття медичного працівника;

- викликати швидку медичну допомогу або лікаря, або прийняти заходи для транспортування постраждалого у найближчий лікарський заклад.

Допомога постраждалому, яка надається не медичними працівниками, не повинна замінювати допомогу з боку медичного персоналу та повинна надаватися лише до прибуття лікаря.

Конкретні дії щодо надання першої допомоги постраждалому при різних ураженнях описані в інструкції № 03-ОП «Про надання першої (долікарської) медичної допомоги при нещасних випадках», яка вивчається робітниками підприємства при проходженні первинного та послідовних інструктажів з питань охорони праці.

У разі виникнення інших аварійних ситуацій слід припинити роботу і повідомити про це керівника робіт.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р7	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки за розділом 7

В даному розділі був розглянутий розділ охорони праці який стосується інструкція з охорони праці при роботі з ПК. Були розглянуті загальні положення, вимоги безпеки перед початком роботи, вимоги безпеки під час роботи, вимоги безпеки при закінчення роботи на ПК та вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ.Р7	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній випускній роботі було розроблено комп'ютерну систему оперативного контролю параметрів зберігання сипучих продуктів.

Розглянуто проблеми контролю параметрів зерна при його зберіганні та основні існуючі системи для контролю параметрів зберігання зерна, а також сформульовано напрямок дослідження. Виходячи з цього зроблено висновок, що контроль температури та рівня є дуже важливими, тому існує необхідність їх контролю. Розроблено технічне завдання. Розроблені структурна і функціональні схеми, які забезпечують необхідний набір зв'язків між елементами системи для забезпечення управління, налаштування і передачі інформації. Розглянуто умови утворення конусу зернового насипу, а також визначена необхідність його контролю. Зроблено висновок, що урахування конуса дозволяє покращити процес завантаження і вивантаження продуктів, та підвищує точність визначення параметрів зберігання. Розроблено метод розрахунку об'єму зернового насипу з урахуванням конусу. Також розроблено алгоритм роботи СКС, в якому зображено роботу різних компонентів системи, та їх взаємодію між собою. Обрано апаратні засоби, які відповідають вимогам, і забезпечують роботу кожного блоку системи. Створено програмне забезпечення, яке дозволяє оперативно отримувати інформацію про вимірювання, розраховувати об'єм зерна, та виводити цю інформацію на зручний графічний інтерфейс. Додатково програма надає можливість формування звітів про виміри. В заключенні проведено розрахунок вартості системи, а також проведено аналіз розробленої системи. Де зазначено, що система має оптимальне розташування елементів, сучасні апаратні засоби, та зручне ПЗ.

Розроблена система дозволяє автоматизувати процес спостереження за параметрами зберігання зерна, що в свою чергу дозволяє зменшити грошові витрати при зберіганні продуктів. А правильний і точний контроль параметрів дозволяє підвищити безпеку елеваторних комплексів.

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Б. М. Гордєєв, Ю. Д. Жуков, Н. О. Ємець, В. Л. Тимченко. Апаратні засоби промислових контролерів для автоматизації технологічних процесів об'єктів морської інфраструктури : навчальний посібник : у 2 ч. Ч. 1 / – Миколаїв : НУК, 2015.– 107 с.
2. Эндрю Таненбаум Computer Networks . – 5-е. изд. Питер, 2016. – 960 с.
3. Малин Н.И. Технология хранения зерна.– М.: Колос, 2005. – 280 с.
4. Джесси Рассел Промышленная сеть.– VSD, 2013. – 101 с.
5. Александр Гришин, Юрий Страшун Промышленные информационные системы и сети.– VSD, 2011. – 176 с.
6. Рихтер Дж. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.5 на языке C#.– 4-е изд. – СПб.: Питер, 2013. – 896 с.
7. Мэтью Мак-Дональд Pro WPF 4.5 in C# 2012: Windows Presentation Foundation.– Вильямс, 2013.– 1024 с.
8. Офіційний сайт виробника ICP DAS URL: <http://www.icpdas.com>
9. VEGAPULS SR 68 URL: <https://www.vega.com/en/Products/Product-catalog/Level/Radar/VEGAPULS-SR-68>
10. Офіційний інтернет-магазин ICP DAS URL:<http://icpdas.com.ua>
11. Силосы с плоским днищем URL: http://td-ugelevator.com/produkcija/silosy_s_ploskim_dnischem
12. Система управления хранением зерна URL: http://hipzmag.com/index.php?option=com_k2&view=item&id=337:337&Itemid=15
13. САДКО-Элев – Контроль сыпучих сред URL: http://amico.ua/sadco_food_fcoss.php
14. Технологічне обладнання зернопереробних і олійних виробництв. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова Книга, 2008. – 488 с.
15. Руководство по WPF URL: <https://metanit.com/sharp/wpf/>
16. Data visualization for .Net LiveCharts URL: <https://lvcharts.net>

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. How to create Excel file in C# URL: <http://csharp.net-informations.com/excel/csharp-create-excel.htm>
18. Лазерные уровнемеры для сыпучих материалов URL: https://life-prog.ru/view_msinv.php?id=74
19. Физические свойства зерновой массы URL: http://geolike.ru/page/gl_5773.htm
20. Поведение зерна как сыпучего материала URL: <http://www.activestudy.info/povedenie-zerna-kak-sypuchego-materiala/>
21. Правильный контроль зерна під час зберігання URL: <https://propozitsiya.com/ua/pravilnyy-kontrol-zerna-vo-vremya-hraneniya>

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А. Код програми

MainWindow.cs

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Windows;
using System.Windows.Controls;
using System.Windows.Input;
using System.Windows.Media;
using EasyModbus;
using LiveCharts;
using LiveCharts.Wpf;
using LiveCharts.Defaults;
using Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel;
using System.Runtime.InteropServices;

namespace DRProgram
{
    public partial class MainWindow : Window
    {
        private List<Silage> SilageList;

        private GrainManager _grainManager;

        private int criticalCounter = 0;

        public SeriesCollection SeriesCollection { get; set; }
        public string[] TempGraph_Labels { get; set; }
        public Func<double, string> YFormatter { get; set; }

        public SeriesCollection SeriesCollection_2 { get; set; }
        public string[] XFormatter_2 { get; set; }
        public Func<double, string> YFormatter_2 { get; set; }

        Random random = new Random();

        ObservableValue _graphLevelValue_1;
        ObservableValue _graphLevelValue_2;
        ObservableValue _graphLevelValue_3;
        ObservableValue _graphLevelValue_4;
        ObservableValue _graphLevelValue_5;

        private string _tempTime_From_Value;
        private string _tempTime_To_Value;

        private bool _isConnect;

        public SeriesCollection SeriesCollection_test { get; set; }
        public Func<double, string> XFormatter_test { get; set; }
        public Func<double, string> YFormatter_test { get; set; }

        public MainWindow()
        {
            InitializeComponent();
            InitializeElements();
            TimerCall();
        }
    }
}
```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

private void InitializeElements()
{
    _grainManager = new GrainManager();

    SilageList = new List<Silage> { new Silage(0), new Silage(1), new
    Silage(2), new Silage(3), new Silage(4), new Silage(5) };

    SilageList[0].TextBoxArr = new TextBox[] { Temp1_0, Temp1_1, Temp1_2,
    Temp1_3, Temp1_4, Temp1_5, Temp1_6, Temp1_7, Temp1_8, Temp1_9, Temp1_10, Temp1_11,
    Temp1_12, Temp1_13, Temp1_14, Temp1_15, Temp1_16, Temp1_17, Temp1_18, Temp1_19,
    Temp1_20, Temp1_21, Temp1_22, Temp1_23, Temp1_24, Temp1_25, Temp1_26, Temp1_27,
    Temp1_28, Temp1_29, Temp1_30, Temp1_31, Temp1_32, Temp1_33, Temp1_34, Temp1_35,
    Temp1_36, Temp1_37, Temp1_38, Temp1_39, Temp1_40, Temp1_41, Temp1_42, Temp1_43,
    Temp1_44, Temp1_45, Temp1_46, Temp1_47, Temp1_48, Temp1_49, Temp1_50, Temp1_51,
    Temp1_52, Temp1_53, Temp1_54, Temp1_55, Temp1_56, Temp1_57, Temp1_58, Temp1_59,
    Temp1_60, Temp1_61, Temp1_62, Temp1_63, Temp1_64, Temp1_65, Temp1_66, Temp1_67,
    Temp1_68, Temp1_69 };

    SilageList[1].TextBoxArr = new TextBox[] { Temp2_0, Temp2_1, Temp2_2,
    Temp2_3, Temp2_4, Temp2_5, Temp2_6, Temp2_7, Temp2_8, Temp2_9, Temp2_10, Temp2_11,
    Temp2_12, Temp2_13, Temp2_14, Temp2_15, Temp2_16, Temp2_17, Temp2_18, Temp2_19,
    Temp2_20, Temp2_21, Temp2_22, Temp2_23, Temp2_24, Temp2_25, Temp2_26, Temp2_27,
    Temp2_28, Temp2_29, Temp2_30, Temp2_31, Temp2_32, Temp2_33, Temp2_34, Temp2_35,
    Temp2_36, Temp2_37, Temp2_38, Temp2_39, Temp2_40, Temp2_41, Temp2_42, Temp2_43,
    Temp2_44, Temp2_45, Temp2_46, Temp2_47, Temp2_48, Temp2_49, Temp2_50, Temp2_51,
    Temp2_52, Temp2_53, Temp2_54, Temp2_55, Temp2_56, Temp2_57, Temp2_58, Temp2_59,
    Temp2_60, Temp2_61, Temp2_62, Temp2_63, Temp2_64, Temp2_65, Temp2_66, Temp2_67,
    Temp2_68, Temp2_69 };

    SilageList[2].TextBoxArr = new TextBox[] { Temp3_0, Temp3_1, Temp3_2,
    Temp3_3, Temp3_4, Temp3_5, Temp3_6, Temp3_7, Temp3_8, Temp3_9, Temp3_10, Temp3_11,
    Temp3_12, Temp3_13, Temp3_14, Temp3_15, Temp3_16, Temp3_17, Temp3_18, Temp3_19,
    Temp3_20, Temp3_21, Temp3_22, Temp3_23, Temp3_24, Temp3_25, Temp3_26, Temp3_27,
    Temp3_28, Temp3_29, Temp3_30, Temp3_31, Temp3_32, Temp3_33, Temp3_34, Temp3_35,
    Temp3_36, Temp3_37, Temp3_38, Temp3_39, Temp3_40, Temp3_41, Temp3_42, Temp3_43,
    Temp3_44, Temp3_45, Temp3_46, Temp3_47, Temp3_48, Temp3_49, Temp3_50, Temp3_51,
    Temp3_52, Temp3_53, Temp3_54, Temp3_55, Temp3_56, Temp3_57, Temp3_58, Temp3_59,
    Temp3_60, Temp3_61, Temp3_62, Temp3_63, Temp3_64, Temp3_65, Temp3_66, Temp3_67,
    Temp3_68, Temp3_69 };

    SilageList[3].TextBoxArr = new TextBox[] { Temp4_0, Temp4_1, Temp4_2,
    Temp4_3, Temp4_4, Temp4_5, Temp4_6, Temp4_7, Temp4_8, Temp4_9, Temp4_10, Temp4_11,
    Temp4_12, Temp4_13, Temp4_14, Temp4_15, Temp4_16, Temp4_17, Temp4_18, Temp4_19,
    Temp4_20, Temp4_21, Temp4_22, Temp4_23, Temp4_24, Temp4_25, Temp4_26, Temp4_27,
    Temp4_28, Temp4_29, Temp4_30, Temp4_31, Temp4_32, Temp4_33, Temp4_34, Temp4_35,
    Temp4_36, Temp4_37, Temp4_38, Temp4_39, Temp4_40, Temp4_41, Temp4_42, Temp4_43,
    Temp4_44, Temp4_45, Temp4_46, Temp4_47, Temp4_48, Temp4_49, Temp4_50, Temp4_51,
    Temp4_52, Temp4_53, Temp4_54, Temp4_55, Temp4_56, Temp4_57, Temp4_58, Temp4_59,
    Temp4_60, Temp4_61, Temp4_62, Temp4_63, Temp4_64, Temp4_65, Temp4_66, Temp4_67,
    Temp4_68, Temp4_69 };

    SilageList[4].TextBoxArr = new TextBox[] { Temp5_0, Temp5_1, Temp5_2,
    Temp5_3, Temp5_4, Temp5_5, Temp5_6, Temp5_7, Temp5_8, Temp5_9, Temp5_10, Temp5_11,
    Temp5_12, Temp5_13, Temp5_14, Temp5_15, Temp5_16, Temp5_17, Temp5_18, Temp5_19,
    Temp5_20, Temp5_21, Temp5_22, Temp5_23, Temp5_24, Temp5_25, Temp5_26, Temp5_27,
    Temp5_28, Temp5_29, Temp5_30, Temp5_31, Temp5_32, Temp5_33, Temp5_34, Temp5_35,
    Temp5_36, Temp5_37, Temp5_38, Temp5_39, Temp5_40, Temp5_41, Temp5_42, Temp5_43,
    Temp5_44, Temp5_45, Temp5_46, Temp5_47, Temp5_48, Temp5_49, Temp5_50, Temp5_51,
    Temp5_52, Temp5_53, Temp5_54, Temp5_55, Temp5_56, Temp5_57, Temp5_58, Temp5_59,
    Temp5_60, Temp5_61, Temp5_62, Temp5_63, Temp5_64, Temp5_65, Temp5_66, Temp5_67,
    Temp5_68, Temp5_69 };

    SilageList[5].TextBoxArr = new TextBox[] { Temp6_0, Temp6_1, Temp6_2,
    Temp6_3, Temp6_4, Temp6_5, Temp6_6, Temp6_7, Temp6_8, Temp6_9, Temp6_10, Temp6_11,

```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
Temp6_12, Temp6_13, Temp6_14, Temp6_15, Temp6_16, Temp6_17, Temp6_18, Temp6_19,
Temp6_20, Temp6_21, Temp6_22, Temp6_23, Temp6_24, Temp6_25, Temp6_26, Temp6_27,
Temp6_28, Temp6_29, Temp6_30, Temp6_31, Temp6_32, Temp6_33, Temp6_34, Temp6_35,
Temp6_36, Temp6_37, Temp6_38, Temp6_39, Temp6_40, Temp6_41, Temp6_42, Temp6_43,
Temp6_44, Temp6_45, Temp6_46, Temp6_47, Temp6_48, Temp6_49, Temp6_50, Temp6_51,
Temp6_52, Temp6_53, Temp6_54, Temp6_55, Temp6_56, Temp6_57, Temp6_58, Temp6_59,
Temp6_60, Temp6_61, Temp6_62, Temp6_63, Temp6_64, Temp6_65, Temp6_66, Temp6_67,
Temp6_68, Temp6_69 };
```

```
SilageList[0].VolumeText = VolumeText1;
SilageList[1].VolumeText = VolumeText2;
SilageList[2].VolumeText = VolumeText3;
SilageList[3].VolumeText = VolumeText4;
SilageList[4].VolumeText = VolumeText5;
SilageList[5].VolumeText = VolumeText6;
```

```
SilageList[0].RectLevel = RectLevel1;
SilageList[1].RectLevel = RectLevel2;
SilageList[2].RectLevel = RectLevel3;
SilageList[3].RectLevel = RectLevel4;
SilageList[4].RectLevel = RectLevel5;
SilageList[5].RectLevel = RectLevel6;
```

```
PointShape_Temp();
PointShape_Level();
//Excel_2();
```

```
}
```

```
private void TimerCall()
{
```

```
    System.Windows.Threading.DispatcherTimer timer = new
System.Windows.Threading.DispatcherTimer();
```

```
    timer.Tick += new EventHandler(ModbusDate);
    timer.Interval = new TimeSpan(0, 0, 2);
    timer.Start();
}
```

```
private void ModbusDate(object sender, EventArgs e)
{
```

```
    try
    {
        // Temperature registers
```

```
        for (int i = 0; i < 6; i++)
        {
```

```
            string address = string.Format("127.0.0.{0}", 1 + i);
```

```
            ModbusClient tempModbusClient = new ModbusClient(address, 502);
            tempModbusClient.Connect();
```

```
            int[] tempReadHoldingRegisters =
tempModbusClient.ReadHoldingRegisters(0, 70);
```

```
            for (int j = 0; j < SilageList[i].TextBoxArr.Length; j++)
            {
```

```
                SilageList[i].TextBoxArr[j].Text =
string.Format(tempReadHoldingRegisters[j].ToString() + "°C");
                SilageList[i].TextBoxArr[j].TextWrapping = TextWrapping.NoWrap;
            }
        }
    }
}
```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

        if (tempReadHoldingRegisters[j] <= 20)
            SilageList[i].TextBoxArr[j].Background =
Brushes.LemonChiffon;

        else if (tempReadHoldingRegisters[j] > 20 &&
tempReadHoldingRegisters[j] <= 25)
            SilageList[i].TextBoxArr[j].Background = Brushes.Moccasin;

        else if (tempReadHoldingRegisters[j] >= 26 &&
tempReadHoldingRegisters[j] < 30)
            SilageList[i].TextBoxArr[j].Background = Brushes.Orange;

        else if (tempReadHoldingRegisters[j] >= 30)
        {
            SilageList[i].TextBoxArr[j].Background = Brushes.Red;
            criticalCounter++;
        }
    }

    // Grain level

    for (int i = 0; i < 6; i++)
    {
        SilageList[i].LevelSensorsValues.Clear();

        string address = string.Format("127.0.0.{0}", 7 + i);

        ModbusClient levelModbusClient = new ModbusClient(address, 502);
        levelModbusClient.Connect();

        int[] levelReadHoldingRegisters =
levelModbusClient.ReadHoldingRegisters(0, 7);

        for (int j = 0; j < levelReadHoldingRegisters.Length; j++)
        {
            SilageList[i].LevelSensorsValues.Add(levelReadHoldingRegisters[j]);
        }
    }

    // To UP

    for (int i = 0; i < SilageList.Count; i++)
    {
        Calculations calculations = new Calculations();

        SilageList[i].VolumeOfGrain =
calculations.CalculateVolume(SilageList[i].LevelSensorsValues, SilageList[i]);
    }

    UpdateGrainLevel();

    ErrorBox.Foreground = Brushes.Black;

    CriticalBox.Text = string.Format("Кількість критичних температур: " +
criticalCounter);

    criticalCounter = 0;

    _isConnect = true;

```

```

    }

    catch (Exception ex)
    {
        ErrorBox.Text = string.Empty;
        ErrorBox.Text += string.Format("Помилки виконання: " + ex.Message);
        ErrorBox.Foreground = Brushes.Red;

        _isConnect = false;
    }
}

private void UpdateGrainLevel()
{
    for (int i = 0; i < SilageList.Count; i++)
    {
        int volume = (int)SilageList[i].VolumeOfGrain;

        SilageList[i].VolumeText.Text = string.Format("Об'єм зерна: " +
volume.ToString() + " куб. м.");

        SilageList[i].LevelGrain = (int)((SilageList[i].VolumeOfGrain /
SilageList[i].MaxVolume) * 100) / 5;

        switch (SilageList[i].LevelGrain)
        {
            case 0:
                SilageList[i].RectNumber = 280;
                SilageList[i].PercentLevel = 0;
                break;
            case 1:
                SilageList[i].RectNumber = 269.75;
                SilageList[i].PercentLevel = 5;
                break;
            case 2:
                SilageList[i].RectNumber = 259.5;
                SilageList[i].PercentLevel = 10;
                break;
            case 3:
                SilageList[i].RectNumber = 249.25;
                SilageList[i].PercentLevel = 15;
                break;
            case 4:
                SilageList[i].RectNumber = 239;
                SilageList[i].PercentLevel = 20;
                break;
            case 5:
                SilageList[i].RectNumber = 228.75;
                SilageList[i].PercentLevel = 25;
                break;
            case 6:
                SilageList[i].RectNumber = 218.5;
                SilageList[i].PercentLevel = 30;
                break;
            case 7:
                SilageList[i].RectNumber = 208.25;
                SilageList[i].PercentLevel = 35;
                break;
            case 8:
                SilageList[i].RectNumber = 198;
                SilageList[i].PercentLevel = 40;

```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

        break;
    case 9:
        SilageList[i].RectNumber = 187.75;
        SilageList[i].PercentLevel = 45;
        break;
    case 10:
        SilageList[i].RectNumber = 177.5;
        SilageList[i].PercentLevel = 50;
        break;
    case 11:
        SilageList[i].RectNumber = 167.75;
        SilageList[i].PercentLevel = 55;
        break;
    case 12:
        SilageList[i].RectNumber = 157;
        SilageList[i].PercentLevel = 60;
        break;
    case 13:
        SilageList[i].RectNumber = 146.75;
        SilageList[i].PercentLevel = 65;
        break;
    case 14:
        SilageList[i].RectNumber = 136.5;
        SilageList[i].PercentLevel = 70;
        break;
    case 15:
        SilageList[i].RectNumber = 126.25;
        SilageList[i].PercentLevel = 75;
        break;
    case 16:
        SilageList[i].RectNumber = 116;
        SilageList[i].PercentLevel = 80;
        break;
    case 17:
        SilageList[i].RectNumber = 105.75;
        SilageList[i].PercentLevel = 85;
        break;
    case 18:
        SilageList[i].RectNumber = 95.5;
        SilageList[i].PercentLevel = 90;
        break;
    case 19:
        SilageList[i].RectNumber = 85.25;
        SilageList[i].PercentLevel = 95;
        break;
    case 20:
        SilageList[i].RectNumber = 75;
        SilageList[i].PercentLevel = 100;
        break;
    }

    SilageList[i].RectLevel.Rect = new Rect(0, SilageList[i].RectNumber,
280, 280);

    SilageList[i].VolumeText.Text += string.Format(" ({0}%)",
SilageList[i].PercentLevel);
}

}

#region OnButtonClick

```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

private void Update_Silage_Data_Button_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    int id = Edit_SilageList.SelectedIndex;

    Silage silage = SilageList.Find(x => x.ID == id);

    silage.GrainCulture.Type =
_grainManager.CheckGrainType(GrainCultureList.SelectedIndex);
    silage.GrainVariety = TextBox_GrainVariety.Text;
    silage.GrainClass = TextBox_GrainClass.Text;
    silage.GrainNature = TextBox_GrainNature.Text;
    silage.GrainCulture.UpperTemp = float.Parse(TextBox_UpperTemp.Text);
    silage.GrainCulture.BottomTemp = float.Parse(TextBox_BottomTemp.Text);
    silage.GrainCulture.EmergencyTemp =
float.Parse(TextBox_EmergencyTemp.Text);
    silage.MaxVolume = float.Parse(TextBox_MaxVolume.Text);
    silage.Diameter = float.Parse(TextBox_SilageDiameter.Text);
    silage.DistanceToSensors = float.Parse(TextBox_DistanceToSensors.Text);

    MessageBox.Show("Оновлено");
}

private void AddTempChart_Button_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    ObservableValue _tempLevelValue_1_1 = new ObservableValue(random.Next(25,
32));
    ObservableValue _tempLevelValue_2_2 = new ObservableValue(random.Next(25,
32));
    ObservableValue _tempLevelValue_3_3 = new ObservableValue(random.Next(25,
32));
    ObservableValue _tempLevelValue_4_4 = new ObservableValue(random.Next(25,
32));
    ObservableValue _tempLevelValue_5_5 = new ObservableValue(random.Next(25,
32));

    SeriesCollection.Add(new LineSeries
    {
        Title = GetTempData(),
        Values = new ChartValues<ObservableValue> { _tempLevelValue_1_1,
_tempLevelValue_2_2, _tempLevelValue_3_3, _tempLevelValue_4_4, _tempLevelValue_5_5 }
    });

}

private void ClearTempCharts_Button_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    SeriesCollection.Clear();
}

private void GenerateLevelChart_Button_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    //PointShape_Level();

    ObservableValue _graphLevelValue_1_1 = new ObservableValue(random.Next(0,
100));
    ObservableValue _graphLevelValue_2_2 = new ObservableValue(random.Next(0,
100));
    ObservableValue _graphLevelValue_3_3 = new ObservableValue(random.Next(0,
100));

```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		


```

ObservableValue _graphLevelValue_4_4 = new ObservableValue(random.Next(0,
100));
ObservableValue _graphLevelValue_5_5 = new ObservableValue(random.Next(0,
100));

SeriesCollection_2.Clear();

SeriesCollection_2.Add(new LineSeries
{
    Title = GetLevelData(),
    Values = new ChartValues<ObservableValue> { _graphLevelValue_1_1,
_graphLevelValue_2_2, _graphLevelValue_3_3, _graphLevelValue_4_4, _graphLevelValue_5_5
}
});

}

private void Report_Generation_Button_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    int silageNumber = TempReportSilage_List.SelectedIndex;

    Temp_Excel(silageNumber);
}

private void ReportLevelGeneration_Button_Click(object sender, RoutedEventArgs
e)
{
    int silageNumber = LevelReportSilage_List.SelectedIndex;

    Level_Excel(silageNumber);
}

#endregion

#region EditValues

private void Edit_SilageList_Selected(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    int id = Edit_SilageList.SelectedIndex;

    if (SilageList != null)
    {
        Silage silage = SilageList.Find(x => x.ID == id);

        GrainCultureList.SelectedIndex = (int)silage.GrainCulture.Type;
        TextBox_GrainVariety.Text = silage.GrainVariety;
        TextBox_GrainClass.Text = silage.GrainClass;
        TextBox_GrainNature.Text = silage.GrainNature;
        TextBox_UpperTemp.Text = silage.GrainCulture.UpperTemp.ToString();
        TextBox_BottomTemp.Text = silage.GrainCulture.BottomTemp.ToString();
        TextBox_EmergencyTemp.Text =
silage.GrainCulture.EmergencyTemp.ToString();
    }
}

private void StatTempTime_From_Selected(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    //_tempTime_From_Value = StatTempTime_From.Selected.Value.ToString();

    //MessageBox.Show(_tempTime_From_Value);
}

```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

private void StatTempTime_To_Selected(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    //_tempTime_To_Value = StatTempTime_To.SelectedValue.ToString();
}

#endregion

#region MouseDown

private void Silo_1_MouseDown(object sender, MouseEventArgs e)
{
    OpenSilageInfoWindow(0);
}

private void Silo_2_MouseDown(object sender, MouseEventArgs e)
{
    OpenSilageInfoWindow(1);
}

private void Silo_3_MouseDown(object sender, MouseEventArgs e)
{
    OpenSilageInfoWindow(2);
}

private void Silo_4_MouseDown(object sender, MouseEventArgs e)
{
    OpenSilageInfoWindow(3);
}

private void Silo_5_MouseDown(object sender, MouseEventArgs e)
{
    OpenSilageInfoWindow(4);
}

private void Silo_6_MouseDown(object sender, MouseEventArgs e)
{
    OpenSilageInfoWindow(5);
}

private void OpenSilageInfoWindow(int id)
{
    SilageInfoWindow silageInfoWindow = new SilageInfoWindow();

    if (SilageList[id].LevelSensorsValues.Count >= 7)
    {
        silageInfoWindow.GrainLevel(SilageList[id].LevelSensorsValues[0],
        SilageList[id].LevelSensorsValues[4], SilageList[id].LevelSensorsValues[6]);
    }

    silageInfoWindow.UpdateSilageData(SilageList[id]);
    silageInfoWindow.Show();
}

#endregion

private string GetTempData()
{
    string silageNumber = (Temp_SilageList.SelectedIndex + 1).ToString();
    string suspensionNumber = (TempSuspension_List.SelectedIndex +
1).ToString();

```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

        string sensorNumber = (TempSensor_List.SelectedIndex + 1).ToString();

        string fullDescription = string.Format("СИЛ №{0} ТП_{1} Д_{2}",
silageNumber, suspensionNumber, sensorNumber);

        return fullDescription;
    }

    private string GetLevelData()
    {
        string silageNumber = (Level_SilageList.SelectedIndex + 1).ToString();

        string fullDescription = string.Format("Силос №{0}", silageNumber);

        return fullDescription;
    }

    private void PointShape_Temp()
    {
        ObservableValue _tempLevelValue_1 = new ObservableValue(random.Next(25,
32));
        ObservableValue _tempLevelValue_2 = new ObservableValue(random.Next(25,
32));
        ObservableValue _tempLevelValue_3 = new ObservableValue(random.Next(25,
32));
        ObservableValue _tempLevelValue_4 = new ObservableValue(random.Next(25,
32));
        ObservableValue _tempLevelValue_5 = new ObservableValue(random.Next(25,
32));

        SeriesCollection = new SeriesCollection
        {
            new LineSeries
            {
                Title = "СИЛ №1 ТП_1 Д_1",
                Values = new ChartValues<ObservableValue> { _tempLevelValue_1,
_tempLevelValue_2, _tempLevelValue_3, _tempLevelValue_4, _tempLevelValue_5 }
            }
        };

        TempGraph_Labels = new[] { "00:00", "06:00", "12:00", "18:00", "23:00" };
        YFormatter = value => value.ToString() + "°";

        DataContext = this;
    }

    private void PointShape_Level()
    {
        _graphLevelValue_1 = new ObservableValue(random.Next(0, 100));
        _graphLevelValue_2 = new ObservableValue(random.Next(0, 100));
        _graphLevelValue_3 = new ObservableValue(random.Next(0, 100));
        _graphLevelValue_4 = new ObservableValue(random.Next(0, 100));
        _graphLevelValue_5 = new ObservableValue(random.Next(0, 100));

        SeriesCollection_2 = new SeriesCollection
        {
            new LineSeries
            {
                Title = "Силос №1",
                Values = new ChartValues<ObservableValue> { _graphLevelValue_1,
_graphLevelValue_2, _graphLevelValue_3, _graphLevelValue_4, _graphLevelValue_5 }
            }
        };
    }

```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

    }
};

XFormatter_2 = new[] { "00.00", "06:00", "12:00", "18:00", "23:00" };
YFormatter_2 = val => val.ToString() + " %";

DataContext = this;
}

private void Level_Excel(int silageNumber)
{
    if (!_isConnect) return;

    Excel.Application xlApp = new Microsoft.Office.Interop.Excel.Application();

    if (xlApp == null)
    {
        MessageBox.Show("Excel is not properly installed!!");
        return;
    }

    Excel.Workbook xlWorkBook;
    Excel.Worksheet xlWorkSheet;
    object misValue = System.Reflection.Missing.Value;

    xlWorkBook = xlApp.Workbooks.Add(misValue);
    xlWorkSheet = (Excel.Worksheet)xlWorkBook.Worksheets.get_Item(1);

    xlWorkSheet.Cells[1, 1] = "№ силоса";
    xlWorkSheet.Cells[1, 2] = "";
    xlWorkSheet.Cells[2, 1] = (silageNumber + 1).ToString();

    xlWorkSheet.Cells[1, 3] = "PiB-1";
    xlWorkSheet.Cells[1, 4] = "PiB-2";
    xlWorkSheet.Cells[1, 5] = "PiB-3";
    xlWorkSheet.Cells[1, 6] = "PiB-4";
    xlWorkSheet.Cells[1, 7] = "PiB-5";
    xlWorkSheet.Cells[1, 8] = "PiB-6";
    xlWorkSheet.Cells[1, 9] = "PiB-7";

    for (int i = 0; i < 7; i++)
    {
        xlWorkSheet.Cells[2, i + 3] =
SilageList[silageNumber].LevelSensorsValues[i].ToString() + " м";
    }

    xlWorkSheet.Cells[4, 1] = "Загальний об'єм";

    int value = (int)SilageList[silageNumber].VolumeOfGrain;
    xlWorkSheet.Cells[4, 2] = value.ToString() + " м. куб.";

    xlWorkSheet.Cells[6, 1] = "Час виміру";
    xlWorkSheet.Cells[6, 2] = DateTime.Now.ToString();

    xlWorkBook.SaveAs("F:\\Excel_Level.xls",
Excel.XlFileFormat.xlWorkbookNormal, misValue, misValue, misValue, misValue,
Excel.XlSaveAsAccessMode.xlExclusive, misValue, misValue, misValue, misValue,
misValue);
    xlWorkBook.Close(true, misValue, misValue);
    xlApp.Quit();
}

```

```

        Marshal.ReleaseComObject(xlWorksheet);
        Marshal.ReleaseComObject(xlWorkbook);
        Marshal.ReleaseComObject(xlApp);

        MessageBox.Show("Excel file created , you can find the file
d:\\Excel_Level.xls");
    }

    private void Temp_Excel(int silageNumber)
    {
        if (!_isConnect) return;

        Excel.Application xlApp = new Microsoft.Office.Interop.Excel.Application();

        if (xlApp == null)
        {
            MessageBox.Show("Excel is not properly installed!!");
            return;
        }

        Excel.Workbook xlWorkbook;
        Excel.Worksheet xlWorksheet;
        object misValue = System.Reflection.Missing.Value;

        xlWorkbook = xlApp.Workbooks.Add(misValue);
        xlWorksheet = (Excel.Worksheet)xlWorkbook.Worksheets.get_Item(1);

        xlWorksheet.Cells[1, 1] = "№ силоса";
        xlWorksheet.Cells[1, 2] = "";
        xlWorksheet.Cells[2, 1] = (silageNumber + 1).ToString();
        xlWorksheet.Cells[2, 2] = "ТП-1";
        xlWorksheet.Cells[3, 2] = "ТП-2";
        xlWorksheet.Cells[4, 2] = "ТП-3";
        xlWorksheet.Cells[5, 2] = "ТП-4";
        xlWorksheet.Cells[6, 2] = "ТП-5";
        xlWorksheet.Cells[7, 2] = "ТП-6";
        xlWorksheet.Cells[8, 2] = "ТП-7";

        xlWorksheet.Cells[1, 3] = "Д-1";
        xlWorksheet.Cells[1, 4] = "Д-2";
        xlWorksheet.Cells[1, 5] = "Д-3";
        xlWorksheet.Cells[1, 6] = "Д-4";
        xlWorksheet.Cells[1, 7] = "Д-5";
        xlWorksheet.Cells[1, 8] = "Д-6";
        xlWorksheet.Cells[1, 9] = "Д-7";
        xlWorksheet.Cells[1, 10] = "Д-8";
        xlWorksheet.Cells[1, 11] = "Д-9";
        xlWorksheet.Cells[1, 12] = "Д-10";

        for (int i = 0; i < 10; i++)
        {
            xlWorksheet.Cells[2, i + 3] =
SilageList[silageNumber].TextBoxArr[i].Text;
        }

        for (int i = 0; i < 10; i++)
        {
            xlWorksheet.Cells[3, i + 3] = SilageList[silageNumber].TextBoxArr[i +
10].Text;
        }
    }

```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

        for (int i = 0; i < 10; i++)
        {
            xlWorkSheet.Cells[4, i + 3] = SilageList[silageNumber].TextBoxArr[i +
20].Text;
        }

        for (int i = 0; i < 10; i++)
        {
            xlWorkSheet.Cells[5, i + 3] = SilageList[silageNumber].TextBoxArr[i +
30].Text;
        }

        for (int i = 0; i < 10; i++)
        {
            xlWorkSheet.Cells[6, i + 3] = SilageList[silageNumber].TextBoxArr[i +
40].Text;
        }

        for (int i = 0; i < 10; i++)
        {
            xlWorkSheet.Cells[7, i + 3] = SilageList[silageNumber].TextBoxArr[i +
50].Text;
        }

        for (int i = 0; i < 10; i++)
        {
            xlWorkSheet.Cells[8, i + 3] = SilageList[silageNumber].TextBoxArr[i +
60].Text;
        }

        xlWorkSheet.Cells[10, 1] = "Час виміру";
        xlWorkSheet.Cells[10, 2] = DateTime.Now.ToString();

        xlWorkBook.SaveAs("F:\\Excel_Temperature.xls",
Excel.XlFileFormat.xlWorkbookNormal, misValue, misValue, misValue, misValue,
Excel.XlSaveAsAccessMode.xlExclusive, misValue, misValue, misValue, misValue,
misValue);
        xlWorkBook.Close(true, misValue, misValue);
        xlApp.Quit();

        Marshal.ReleaseComObject(xlWorkSheet);
        Marshal.ReleaseComObject(xlWorkBook);
        Marshal.ReleaseComObject(xlApp);

        MessageBox.Show("Excel file created , you can find the file
d:\\Excel_Temperature.xls");
    }
}
}

```

SilageInfoWindow.cs

```

using LiveCharts;
using LiveCharts.Defaults;
using LiveCharts.Wpf;
using System;
using System.Windows;

namespace DRProgram

```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

{
    public partial class SilageInfoWindow : Window
    {
        public SeriesCollection SeriesCollection_test { get; set; }
        public Func<double, string> XFormatter_test { get; set; }
        public Func<double, string> YFormatter_test { get; set; }

        public SilageInfoWindow()
        {
            InitializeComponent();
        }

        public void GrainLevel(double point_1, double point_2, double point_3)
        {
            ObservableValue _tempLevelValue_1 = new ObservableValue(point_3);
            ObservableValue _tempLevelValue_2 = new ObservableValue(point_1);
            ObservableValue _tempLevelValue_3 = new ObservableValue(point_2);

            SeriesCollection_test = new SeriesCollection
            {
                new StackedAreaSeries
                {
                    Title = "",
                    Values = new ChartValues<ObservableValue> { _tempLevelValue_1,
_tempLevelValue_2, _tempLevelValue_3 }
                },
            };

            YFormatter_test = val => val.ToString() + " м";

            DataContext = this;
        }

        public void UpdateSilageData(Silage silage)
        {
            SilageNameText_Window.Text = string.Format("Силос №{0}", silage.ID + 1);
            GrainCultureText_Window.Text = silage.GrainCulture.Type.ToString();
            GrainVarietyText_Window.Text = silage.GrainVariety;
            GrainClassText_Window.Text = silage.GrainClass;
            GrainNatureText_Window.Text = silage.GrainNature;
            UpperTempText_Window.Text = silage.GrainCulture.UpperTemp.ToString() + " °C";
            BottomTempText_Window.Text = silage.GrainCulture.BottomTemp.ToString() + " °C";
            EmergencyTempText_Window.Text = silage.GrainCulture.EmergencyTemp.ToString() + "
°C";

            MaxVolumeText_Window.Text = silage.MaxVolume.ToString();
            SilageDiameterText_Window.Text = silage.Diameter.ToString();
            DistanceToSensorsText_Window.Text = silage.DistanceToSensors.ToString();
        }
    }
}

```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Silage.cs

```
using System.Collections.Generic;
using System.Windows.Controls;
using System.Windows.Media;

namespace DRProgram
{
    public class Silage
    {
        public int ID;
        public TextBox[] TextBoxArr = new TextBox[60];
        public int LevelGrain;
        public double VolumeOfGrain;
        public double RectNumber;
        public TextBlock VolumeText;
        public RectangleGeometry RectLevel;
        public int PercentLevel;
        public float MaxVolume = 3000;
        public float Diameter = 14.67f;
        public float DistanceToSensors = 3.6675f;

        public Grain GrainCulture;
        public string GrainVariety = "";
        public string GrainClass = "";
        public string GrainNature = "";

        public List<float> LevelSensorsValues = new List<float>();

        public Silage(int id)
        {
            ID = id;
            GrainCulture = new Grain();
        }
    }
}
```

Calculations.cs

```
using System;
using System.Collections.Generic;

namespace DRProgram
{
    enum ConeForm
    {
        UP,
        DOWN
    }

    public class Calculations
    {
        public List<float> _levels;

        private float circleLevelsAmount = 0;
        private float circleLevelsAverage = 0;
        private float middleLevel = 0;
        private float distanceToSensor;

        private float diameter;
        private float radius;
    }
}
```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						115
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		


```

private double cylinderHeight;

private ConeForm coneForm;

public double CalculateVolume(List<float> levels, Silage silage)
{
    circleLevelsAmount = 0;

    _levels = levels;

    distanceToSensor = silage.DistanceToSensors;

    diameter = silage.Diameter;

    radius = diameter / 2;

    middleLevel = _levels[0];

    for (int i = 1; i < _levels.Count; i++)
    {
        circleLevelsAmount += _levels[i];
    }

    circleLevelsAverage = circleLevelsAmount / (_levels.Count - 1);

    double volume = 0;

    if(circleLevelsAverage <= middleLevel)
    {
        coneForm = ConeForm.UP;
        volume = CalculateCommonVolume();
    }

    else
    {
        coneForm = ConeForm.DOWN;
        volume = CalculateCommonVolume();
    }

    return volume;
}

private double CalculateCommonVolume()
{
    List<double> heights = new List<double>(_levels.Count - 1);

    double height;
    double hypotenuse;
    double angle;

    double heightsSumm = 0;
    double averageHeight;

    double coneVolume = 0;
    double cylinderVolume = 0;
    double commonVolume = 0;

    for (int i = 1; i < _levels.Count; i++)
    {
        circleLevelsAmount += _levels[i];

        height = _levels[0] - _levels[i];
    }

```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

        hypotenuse = Math.Sqrt(Math.Pow(height, 2) + Math.Pow(distanceToSensor, 2));
        angle = Math.Acos((Math.Pow(hypotenuse, 2) + Math.Pow(distanceToSensor, 2) -
Math.Pow(height, 2)) / (2 * hypotenuse * distanceToSensor));
        heights.Add((diameter / 2) * Math.Tan(angle));
    }

    for (int i = 0; i < heights.Count; i++)
    {
        heightsSumm += heights[i];
    }

    averageHeight = heightsSumm / heights.Count;

    coneVolume = 0.333 * Math.PI * Math.Pow(radius, 2) * averageHeight;

    if (coneForm == ConeForm.UP)
    {
        cylinderHeight = _levels[0] - averageHeight;
    }

    else if (coneForm == ConeForm.DOWN)
    {
        cylinderHeight = _levels[0] + averageHeight;
    }

    cylinderVolume = Math.PI * Math.Pow(radius, 2) * cylinderHeight;

    if (coneForm == ConeForm.UP)
    {
        commonVolume = cylinderVolume + coneVolume;
    }

    else if (coneForm == ConeForm.DOWN)
    {
        commonVolume = cylinderVolume - coneVolume;
    }

    return commonVolume;
}

}
}

```

					13.ДР.123.4651.04.ПЗ	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		