

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ЧОРНОМОРСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ**

**ЗЕРНІЦЬКИЙ АНАТОЛІЙ ВАДИМОВИЧ**

УДК 681.2:581.33-52

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ  
В ЗЕРНОВОМУ СІЛОСІ, НА БАЗІ ПРОМИСЛОВОГО ПЛК**

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Автореферат

магістерської роботи на здобуття кваліфікації магістра з автоматизації та  
комп'ютерно-інтегрованих технологій

Миколаїв – 2020

Дипломна робота є рукопис.

Робота виконана в Чорноморському національному університеті імені Петра Могили Міністерства освіти і науки України на кафедрі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

**Науковий керівник:** кандидат фізико-математичних наук, доцент

**Кубов Володимир Ілліч,**

ЧНУ ім. Петра Могили,  
доцент кафедри автоматизації та  
комп'ютерно-інтегрованих технологій

**Рецензент:** головний інженер

**Бенюх Валерій Володимирович,**

ТОВ Інженерно-Виробнича Компанія  
“ТЭМИКС”

**Консультант:**

к.т.н., зав. від. асп., доцент,

**Андрєєв Вячеслав Іванович,**

ЧНУ ім. Петра Могили,  
доцент кафедри екології

Захист відбудеться \_\_\_ червня 2020 р. о \_\_\_\_ год. на засіданні екзаменаційної комісії (ауд. \_\_\_\_\_) у Чорноморському національному університеті імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

З дипломною роботою можна ознайомитися в бібліотеці Чорноморського національного університету імені Петра Могили за адресою: 54003, м. Миколаїв, вул. 68-ми Десантників, 10.

Автореферат представлений \_\_\_ червня 2020 р.

Секретар

екзаменаційної комісії,

ст.викл.

В.М.Шенкевич

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність.** Зберігання харчового зерна практикується з епохи початку цивілізації. Це є важливою проблемою, оскільки виробництво зернових культур є сезонним та локальним. Однак споживання зерна не є локальними, воно поширюється на всю країну і поза її межами. І постачання його повинне бути на протязі всього року.

Тому проблема зберігання зерна в належній якості є великою проблемою для аграріїв і країни. Основним методом для забезпечення якості зерна використовують системи термометрії які встановлюються на зернових елеваторах і великих зерноскладах для контролю за температурою зберігання зерна. Зростання її обумовлена порушенням умов зберігання і процесами самозігрівання зерна - самовільного підвищення температури зернових мас. Основною причиною є їх погана теплопровідність. Знання тепла в тій чи іншій ділянці, що перевищує віддачу його в навколишнє середовище, дає типову картину самозігрівання. У зв'язку з цим утворилося тепло затримується в зерні і викликає безперервний підйом температури.

Розпочатий процес не зупиняється сам по собі, а навпаки, безперервно діє. Збільшення температури зерна до 55-65 ° C призводить до повної втрати всіх його споживчих властивостей, що призводить до величезних збитків підприємства.

Навіть короточасне зберігання теплого вологого і сирого зерна призводить до швидкого розвитку процесу самозігрівання. Для порятунку необхідно застосовувати невідкладні заходи. На допомогу приходить система термометрії, головним завданням якої є своєчасне виявлення вогнища самозігрівання.

Контроль температури зерна - найбільш ефективний і доступний практично спосіб відстеження результатів біохімічних процесів, що протікають в зерновій масі під час зберігання зерна в зерноскладах. Температура зернової маси дозволяє судити про його стан в процесі зберігання.

Раніше для вимірювання температури використовували: звичайні термометри (ртутні або спиртові), укладені в металеві футляри, нагвинчені на металеві або дерев'яні штанги потрібної довжини, електротермометрію опору, що дозволяли здійснювати дистанційний контроль температури в силосах.

І дотепер більшість елеваторів оснащені старими системами термометрії, такими як ДКТЕ-4мг, М-5, МАРС-1500, ТП-015 і аналоговими Термопідвіски ТП-1М, ТП-32. Вони виходять з ладу, а що найгірше, показують невірну інформацію, що в свою чергу призводить до невиправданих витрат підприємства. Вирішити зазначені проблеми можна шляхом часткової або повної автоматизації системи термометрії елеватора або зерносховища.

**Метою роботи** є зробити програмне забезпечення для програмованого логічного контролера.

**Об'єктом дослідження** є автоматизовані системи збереження сільськогосподарських продуктів.

**Предметом дослідження** є автоматизована система контролю температури на базі промислового програмованого логічного контролера.

**Завдання:**

- Виконати аналіз існуючих систем та програмного забезпечення.
- Розробити програму, для роботи промислового ПЛК в системі контролю температури зерна в силосі, яка забезпечить уніфікувати для роботи з промисловими системами автоматизації.
- Провести дослідження на зміну температури зерна в силосі і дослідити програмування промислових ПЛК.
- Дослідити стан хорони праці на робочому місці оператора АРМ

**Об'єктом дослідження** є процес обробки даних для виявлення теплових втрат за допомогою поєднання карт місцевості та теплових вимірювань.

**Предметом дослідження** виступає система створення теплових карт за даними пірометричного безконтактного вимірювання.

**Методи дослідження:** метод електротеплової аналогії для розрахунку теплових систем які показують зміни температур і потоків тепла в часі за допомогою використання гістерезису

**Практичне значення одержаних результатів:** результати роботи використані у поточній діяльності підприємства «ТЭМИКС» при створенні уніфікованої систем контролю температури в сілосі і елеваторах.

**Структура та обсяг роботи.** Магістерська робота складається з анотації на 2 сторінках, вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 43 найменувань, 7 додатків на 150 - 160 сторінках,. Основна частина роботи становить 149 сторінок, серед яких 90 рис. та 26 табл..

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ**

У **вступі** подано обґрунтування актуальності теми магістерської роботи. Мета роботи є створення програмного забезпечення для програмованого логічного контролера. Сформовано об'єкт дослідження яким є автоматизовані системи збереження сільськогосподарських продуктів. І також предмет дослідження яким є автоматизована система контролю температури на базі промислового програмованого логічного контролера.

Зберігання харчового зерна практикується з епохи початку цивілізації. Це є важливою проблемою, оскільки виробництво зернових культур є сезонним та локальним.

У **першому розділі** магістерської роботи «**Автоматизована система контролю температури в зерновому сілосі, на базі промислового ПЛК**» проведено огляд впливу температури на зерно при його зберіганні, розглянуто основні методи охолодження зерна в складах, елеваторах та силосах, включно з активною вентиляцією.

Було проведено огляд патентної інформації в цій сфері.

Розглянуті виробники систем контролю температури, такі як Agroline, SMARTTERM і інші, а також їхні системи наприклад TMS5000, SmartTerm2000,

елементи їх систем. Різні с представлених систем є свої особливості, і направленість на різні типи збереження зерна. Але в кожного з цих виробників використовуються свої елементи системи які не є уніфікованими для промисловості.

Розглянуто що являє собою програмований логічний контролер і принцип його дії. Який є по суті електронною складовою частиною промислового контролера і використовується в системі автоматизації виробництва.

Було проведено огляд основних виробників ПЛК якими являються такі компанії як SIEMENS і HITACHI. Розглянуто їхні лінійки ПЛК, їхнє програмування а також плюси і недоліки кожної із фірм, з яких і був сформований вибір фірми ПЛК.

**У другому розділі** магістерської роботи **«Автоматизована система контролю температури в зерновому силосі, на базі промислового ПЛК»** Проведено аналіз використаної системи контролю температури в зерновому силосі. Було розглянуто елементи системи, і її виконання такі як ИТУ-3-КД, ИТУ-3-КМ, ИТУ-3-К, ИТУ-3-М, ИТУ-3-МР, ИТУ-3-МК, ИТУ-3-П і ИТУ-3-КТ. Різновиди вимірювальних елементів тобто термопідвісок різних типів як ТП-Д, ТП-ДМ, ТП-ДС.

Проведено аналіз вибраного ПЛК від компанії SIEMENS S7- S7-1200 із CPU 1215C, які він має можливості, особливості, його протоколи комунікацій такі як MODBUS RTU, особливості його програмування і таке інше.

**У третьому розділі** магістерської роботи **«Автоматизована система контролю температури в зерновому силосі, на базі промислового ПЛК»**

Описано математичну модель зміни температур зерна і потоків тепла в часі за допомогою електротеплової аналогії що зводить розрахунки до еквівалентних лінійних електричних схем.

Описано формування блок схем таких як функція запиту програми, блок-схема алгоритму роботи програми, функціональна схема де показано як елементи системи комунікують між собою, електрична схема зовнішніх з'єднань, на якій показані роз'єми до яких підключаються елементи системи. Також продемонстровано вигляд дослідницького варіанту виконання системи контролю температури в силосі.

І описана розробка програми роботи промислового ПЛК в автоматизованій системі контролю температури в зерновому силосі.

У **четвертому розділі** магістерської роботи **«Автоматизована система контролю температури в зерновому силосі, на базі промислового ПЛК»** проведений аналіз факторів виробничого середовища у приміщенні на підприємстві ТОВ СП «Нібулон».

Розглянуто умови і робоче місце оператора АРМ. Освітленість якого вимірювалась люксометром і становила, 210 лк, що не відповідало існуючим нормам, визначеним у СНиП-II-4-79, а саме 300-500 лк.

Відносна вологість повітря у робочому приміщенні становила в середньому 37%, що не відповідає нормам за ГОСТ (40-60%). Величина шуму становила 50дБА – що відповідає встановленим нормам, а температура у приміщенні становила 23 градуси що теж є нормою.

Встановлена відповідність всіх розглянутих показників чинним санітарним нормам та виявлено, що умови праці в ТОВ СП «Нібулон» є оптимальними.

**Додатки** містять блок схему функції запиту програми, блок-схему алгоритму роботи програми, функціональну схему, електричну схему зовнішніх з'єднань, дослідницький варіант виконання системи контролю температури в силосі на базі промислового ПЛК, програму роботи ПЛК, приклад реалізації вікон оператора SCADA системи.

## ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи магістра є зробити програмне забезпечення для програмованого логічного контролера. Що буде забезпечувати, уніфікацію автоматизованої системи контролю температури в зерновому силосі а також для створення можливості її комунікації і співпраці в великих промислових системах автоматизації з використанням мережі. Для реалізації поставленої мети необхідно було вирішити кілька завдань. Проаналізувати ринок наявних аналогів систем, дослідити патентну базу, створити і дослідити програмне забезпечення для системи, і також провести дослідження зміни температури в силосі.

Аналіз показав, що в різних видах систем контролю температури в силосах і елеваторах є деякі переваги і недоліки. Більшість з них мають свої елементи системи розроблені компаніями і не забезпечують уніфікацію системи, що впливає на її співпрацю з іншими системами і не дає змогу їх об'єднувати в одну, це те що потребують підприємства, також це впливає на вартість, для таких систем потрібно створювати окремі умови що є більш економічно невигідно.

Визначені особливості та переваги використання промислових програмованих логічних контролерів - можливість одним ПЛК замінити сотні реле та можливість перепрограмувати в будь-який час, великий функціонал, висока продуктивність, модулі розширення, робота в реальному часі, засоби діагностики, організація великих промислових систем з використанням мереж, економія електроенергії, швидкий монтаж і налаштування.

Завдяки проведеному дослідженню були сформовані вимоги до системи:

1. Уніфікація;
2. Робота з промисловими системами;
3. Постійна безвідмовна робота,
4. Надійність,
5. Простота в обслуговуванні.



Розроблено програмне забезпечення на платформі Siemens TIA Portal V14, через спеціалізацію проектування компонентів автоматизації SIMATIC тобто ПЛК та різноманітність бібліотек, що є в широкому доступі.

Виявлено перспективи розвитку та напрямки подальшого вдосконалення автоматизованих систем з ПЛК Siemens S7-1215. Його можна використовувати для різних систем автоматизації на різних підприємствах завдяки модульності ПЛК і цим забезпечувати їх уніфікацію і комунікацію з іншими системами .

В процесі виконання роботи досліджено ринок предметної області та підібрано оптимальне необхідне програмне і апаратне забезпечення.

Таким чином, розроблена система контролю температури в зернових силосах складається з двох частин: реалізації апаратної частини на базі промислового ПЛК компанії Siemens серії S7-1200 у поєднанні з системою контролю температури “ИТУ” та створеної програми в інтегрованому середовищі розробки TIA Portal v14, яка написана на двох мовах програмування LAD (Ladder Diagram) і FBD (Function Block Diagram).

Розглянуто питання з охорони праці. Підтверджено відповідність нормам параметрів мікроклімату, в робочому приміщенні, такі як: температура, вологість повітря, швидкість руху повітря у приміщенні, рівень шуму, освітленість. Розроблено рекомендації щодо покращення освітлення та підвищення рівня відносної вологості в робочому приміщенні з метою забезпечення оптимальних умов праці згідно з чинним законодавством. Визначено потенційні ризики та небезпеки для життя та здоров'я працівників, та методи їх уникнення.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ

1. Димитров Ю. Ю., Зерніцький А. В. Особливості організації передачі даних по протоколу MODBUS між ПЛК SIEMENS та контролерами сторонніх виробників. Могілянські читання - 2019: досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний, національний та регіональний аспекти : XXII Все-укр. наук.-метод. конф. : тези доповідей : Комп'ютерні науки. Технічні науки, Миколаїв, 11-16 листоп. 2019р. / ЧНУ ім. Петра Могили. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2019. – 176 с.
2. Кубов В.І., Зерніцький А. В. Автоматизація допуску за GSM протоколом. Інтелектуальні інформаційні системи: Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів і студентів: тези доп., 28-31 січня 2020р. / ЧНУ ім. Петра Могили. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2020. – 104 с.

## АНОТАЦІЯ

**Зерніцький Анатолій Вадимович. Автоматизована система контролю температури в зерновому сілосі, на базі промислового ПЛК. – На правах рукопису.**

Магістерська робота на здобуття кваліфікації магістра з автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій – Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, 2020.

В аграрній промисловості однією із важливіших задач є збереження зерна в його нормальному стані. Основним методом для забезпечення якості зерна використовують системи термометрії які встановлюються на зернових елеваторах і великих зерноскладах для контролю за температурою зберігання зерна.

Вони забезпечують вчасне встановлення рівня температури в різних точках зернового насипу, і дають змогу вчасно вжити міри по його охолодженню чи нагріву.

Також ці системи надають змогу побачити динаміку зміни температури.

Але переважна більшість цих систем використовують елементи які не забезпечують їх комунікацію з іншими промисловими системами і не є уніфікованими.

В процесі роботи над дипломним дослідженням, була розроблена система контролю температури на базі промислового ПЛК, який покращить її роботу і забезпечить її уніфікацію і комунікацію з іншими системами автоматизації в промисловості.

Була здійснена розробка програми роботи промислового ПЛК в автоматизованій системі контролю температури в зерновому сілосі.

Програмування програми для ПЛК здійснюється в програмі TIA Portal V14, яка розроблена компанією SIEMENS. За допомогою двох мов LAD (релейні діаграми) і FBD (функціональні блок-схеми).

У **спеціальній частині** з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях було розглянуто питання з охорони праці робочого місця оператора АРМ . Підтверджено відповідність нормам параметрів мікроклімату, в робочому приміщенні оператора АРМ , такі як: температура, вологість повітря, швидкість руху повітря, рівень шуму, освітленість. Розроблено рекомендації для поліпшення умов праці : встановити кондиціонер, що буде зволожувати повітря до норми в 40-60%; для підвищення рівня освітлення встановити на кожному із робочих місць переносну лампу, яка доведе рівень освітлення до рекомендованої величини.

Дипломна робота містить 149 стор. (без додатків), 90 рис., 26 табл., 43 посилання та 7 додатків.

## ABSTRACT

**Zernitsky Anatoliy Vadymovych. Automated temperature control system in grain silage, based on industrial PLC. - On the rights of the manuscript.**

Master's thesis for the master's degree in automation and computer-integrated technologies - Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, 2020.

In the agricultural industry, one of the most important tasks is to preserve grain in its normal state. The main method for ensuring the quality of grain is thermometry systems that are installed on grain elevators and large granaries to control the storage temperature of grain.

They ensure the timely establishment of the temperature level at different points of the grain embankment, and allow timely measures to be taken to cool or heat it.

These systems also allow you to see the dynamics of temperature change.

But the vast majority of these systems use elements that do not ensure their communication with other industrial systems and are not unified.

In the process of working on the thesis, a temperature control system was developed on the basis of industrial PLC, which will improve its performance and ensure its unification and communication with other automation systems in industry.

The program of work of the industrial PLC in the automated system of control of temperature in a grain silo was developed.

The program for the PLC is programmed in the program TIA Portal V14, which was developed by SIEMENS. Using two languages LAD (relay diagrams) and FBD (functional block diagrams).

In the special part on labor protection and safety in emergency situations, the issue of labor protection of the workstation operator's workplace was considered. Compliance with the norms of microclimate parameters in the workplace of the workstation operator, such as: temperature, humidity, air velocity, noise level, lighting, has been confirmed.

Recommendations for improving working conditions have been developed: install an air conditioner that will humidify the air to the norm of 40-60%; to increase the level of illumination, install a portable lamp at each of the workplaces, which will bring the level of illumination to the recommended value.

Thesis contains 149 pages. (without appendices), 90 figures, 26 tables, 43 references and 7 appendices.