

**Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет робототехніки та штучного інтелекту
Кафедра автоматизації та безпілотних систем**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ГОМОГЕНІЗАТОРОМ
ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ШОКОЛАДНОЇ ГЛАЗУРИ**

**AUTOMATED HOMOGENIZER CONTROL SYSTEM FOR
CHOCOLATE ICING PRODUCTION**

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

Виконав: здобувач вищої освіти
групи АВз - 41

Романюк Роман Романович

(підпис)

Керівник: к.т.н., доцент

Грудецький Роман Ярославович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«___» _____ 2026 р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

Решетило О. М.

(підпис)

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 15 Автоматизація та приладобудування

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О. Ю. Повстяной
« ___ » _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Романюка Романа Романовича _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизована система керування гомогенізатором при виготовленні шоколадної глазури

керівник роботи Грудецький Роман Ярославович,

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від " 31 " 12 2025 року N 307/01-04

2. Строк подання студентом роботи 1.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи технологічний процес виробництва шоколадної глазури

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Аналіз об'єкта керування, Обґрунтування ФСА, Обґрунтування ТЗА, Обґрунтування та опис принципових електричних схем, Програмне забезпечення системи автоматизації, Розрахунок гомогенізатора. Техніко-економічне обґрунтування

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
графічний матеріал виконано у вигляді презентації, яка складається з 6 слайдів

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|-----------------------------------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| <i>Розділ 1</i> | <i>Грудецький Р. Я.</i> | | |
| <i>Розділ 2</i> | <i>Грудецький Р. Я.</i> | | |
| <i>Розділ 3</i> | <i>Грудецький Р. Я.</i> | | |
| <i>Розділ 4</i> | <i>Грудецький Р. Я.</i> | | |
| <i>Розділ 5</i> | <i>Грудецький Р. Я.</i> | | |
| <i>Розділ 6</i> | <i>Грудецький Р. Я.</i> | | |
| <i>Розділ 7</i> | <i>Грудецький Р. Я.</i> | | |
| <i>Нормоконтроль</i> | <i>Лапченко Ю. С.</i> | | |
| <i>Показник запозичень тексту</i> | | | |
| <i>Академічна доброчесність</i> | <i>Лапченко Ю. С.</i> | | |

7. Дата видачі завдання 31.12.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| N з/п | Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи | Примітка |
|-------|--|---|----------|
| 1 | <i>Аналіз об'єкта керування</i> | <i>20.02.2026 р.</i> | |
| 2 | <i>Обґрунтування вибору функціональної схеми</i> | <i>10.03.2026 р.</i> | |
| 3 | <i>Обґрунтування вибору ТЗА</i> | <i>20.03.2026 р.</i> | |
| 4 | <i>Обґрунтування і опис принципових електричних схем</i> | <i>1.04.2026 р.</i> | |
| 5 | <i>Програмне забезпечення систем автоматизації</i> | <i>10.04.2026 р.</i> | |
| 6 | <i>Розрахункова частина</i> | <i>20.04.2026 р.</i> | |
| 7 | <i>Техніко-економічне обґрунтування</i> | <i>1.05.2026 р.</i> | |
| 8 | <i>Оформлення роботи</i> | <i>1.06.2026 р.</i> | |
| | | | |

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Романюк Р. Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Грудецький Р. Я.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Романюк Р. Р. Автоматизована система керування гомогенізатором при виготовленні шоколадної глазури. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Луцький національний технічний університет, Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається зі вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Метою є розробка автоматизованої системи управління гомогенізатором, що використовується у виробництві шоколадної глазури, яка забезпечує стабільну роботу та підтримує необхідні якісні характеристики кінцевого продукту. Система має підвищити ефективність процесу, надійність обладнання та стабільність якості продукції.

Практична новизна полягає у розробці системи керування, яка забезпечує більш точне регулювання параметрів гомогенізації та моніторинг процесу в режимі реального часу. Її впровадження дозволяє поліпшити якість шоколадної глазури, зменшити виробничі втрати та підвищити загальну ефективність виробничого процесу.

Обсяг пояснювальної записки становить 29 друкованих сторінок. Об'єм графічної частини кваліфікаційної роботи складає 6 слайдів презентації.

Ключові слова: гомогенізатор, контролер, керування, температура.

| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | | |
|-----------|------|----------------|--------|------|---------------------------|------|---------|
| Розроб. | | Романюк Р. Р. | | | Лім. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | | Грудецький Р.Я | | | | 4 | |
| Н. контр. | | Лапченко Ю.С | | | ЛНТУ, гр. АВ-41 | | |
| Затв. | | Гуменюк Л.О. | | | | | |

ANNOTATION

Romanyuk R. Automated homogenizer control system for chocolate icing production. Manuscript.

Qualification work for bachelor's degree in "Automation and computer-integrated technologies". Lutsk National Technical University, Lutsk, 2026.

The bachelor's thesis consists of an introduction, seven chapters, conclusions and suggestions, a list of references and appendices.

The goal is to develop an automated control system for a homogenizer used in the production of chocolate glaze, which ensures stable operation and maintains the required quality characteristics of the final product. The system is intended to improve process efficiency, equipment reliability, and product quality consistency.

The practical innovation lies in the development of a control system that enables more precise adjustment of homogenization parameters and real-time process monitoring. Its implementation improves the quality of chocolate glaze, reduces production losses, and increases the overall efficiency of the production process.

The volume of the explanatory note is 29 printed pages. The volume of the graphic part of the master's work is 6 slides of the presentation.

Key words: homogenizer, controller, control, temperature.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 5 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП | 7 |
| РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ | 9 |
| 1.1 Опис та аналіз об'єкта керування | 9 |
| 1.2 Перелік задач контролю та керування процесом | 9 |
| 1.3 Критичний аналіз існуючої системи автоматизації | 10 |
| РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ | 11 |
| РОЗДІЛ 3 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ | 12 |
| 3.1 Вибір датчиків | 12 |
| 3.2 Вибір виконавчих пристроїв | 13 |
| 3.3 Вибір пристроїв управління | 13 |
| 3.4 Вибір джерел живлення | 14 |
| РОЗДІЛ 4 ОБГРУНТУВАННЯ І ОПИС ПРИНЦИПОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ | 16 |
| РОЗДІЛ 5 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ | 17 |
| 5.1 Розробка алгоритму функціонування системи управління | 17 |
| 5.2 Розробка програмного забезпечення програмованого логічного контролера | 17 |
| РОЗДІЛ 6 РОЗРАХУНОК ГОМОГЕНІЗАТОРА | 20 |
| РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ | 24 |
| ВИСНОВОК | 26 |
| ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 28 |
| ДОДАТКИ | 30 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 6 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВСТУП

Виробництво шоколадної глазури вимагає стабільної якості продукції, точного контролю технологічних параметрів та ефективного використання енергії й сировини. Тема є актуальною, оскільки автоматизація процесу керування гомогенізатором сприяє зменшенню коливань якості, підвищенню продуктивності та мінімізації впливу людини на технологічний процес.

Метою є розробка автоматизованої системи управління гомогенізатором, що використовується у виробництві шоколадної глазури, яка забезпечує стабільну роботу та підтримує необхідні якісні характеристики кінцевого продукту. Система має підвищити ефективність процесу, надійність обладнання та стабільність якості продукції.

Об'єктом дослідження є технологічний процес гомогенізації шоколадної глазури в промисловому виробництві. Він включає в себе роботу гомогенізатора та фактори, що впливають на якість гомогенізації.

Предметом дослідження є методи, алгоритми, апаратні та програмні компоненти системи автоматичного керування гомогенізатором. Особлива увага приділяється контролю та регулюванню таких технологічних параметрів, як температура, тиск, інтенсивність перемішування та час обробки.

Практична новизна полягає у розробці системи керування, яка забезпечує більш точне регулювання параметрів гомогенізації та моніторинг процесу в режимі реального часу. Її впровадження дозволяє поліпшити якість шоколадної глазури, зменшити виробничі втрати та підвищити загальну ефективність виробничого процесу.

Задачами, які необхідно вирішити в процесі виконання роботи, є:

- виконати аналіз об'єкта керування,
- розробити функціональну схему автоматизованої системи керування,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 7 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- обрати технічні засоби автоматизації,
- виконати розробку схеми керування мікропроцесорними модулями,
- розробити принципові електричні схеми,
- виконати розрахунок гомогенізатора,
- провести розрахунок техніко-економічного обґрунтування.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 8 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1 Опис та аналіз об'єкта керування

Гомогенізатори на виробництві використовуються з метою зменшення розмірів жирових кульок в молоці і рідких молочних продуктах, а також рівномірного їх рівномірного розподілу [1].

Молоко в гомогенізатор 2 надходить із цистерн за допомогою насоса 1. Після закачування необхідного об'єма молока відбувається процес гомогенізації.

Процес гомогенізації відбувається під високим тиском 200 атм та при температурі 65-70 °С.

Готова сировина надходить в лінію виробництва шоколадної глазури [1].

1.2 Перелік задач контролю та керування процесом

Для досягнення найкращої якості готової продукції під час процесу виробництва необхідно дотримуватись параметрів технологічного процесу які наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Параметри технологічного процесу

| № п/п | Параметр, що контролюється | Одиниці вим. | Значення | Відхилення |
|-------|------------------------------|--------------|----------|------------|
| 1 | Тиск в гомогенізаторі | атм. | 200 | ± 1 |
| 2 | Температура в гомогенізаторі | °С | 65- 70 | ± 0.5 |

Система автоматизації повинна забезпечити:

- автоматизоване регулювання тиску в гомогенізаторі,
- автоматизоване регулювання температури в гомогенізаторі,
- автоматичне керування рівня в гомогенізаторі,

– автоматична сигналізація перевищення температури в гомогенізаторі

1.3 Критичний аналіз існуючої системи автоматизації

Якісне виробництво глазури залежить від якості гомогенізації молока.

Структурна схема підтримання температури в гомогенізаторі наведена на рисунку 1.1.

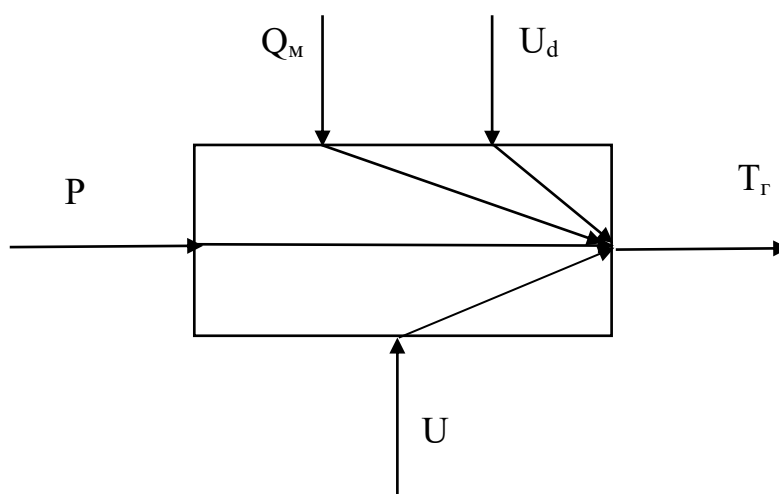


Рисунок 1.1 – Схема параметрів технологічного процесу гомогенізації

Вхідний параметр:

P – тиск в гомогенізаторі.

Вихідний параметр:

T_r – температура в гомогенізаторі.

Керуючий параметр:

U – напруга на тені.

Збурюючий параметр:

Q_m – якість молока;

U_n – перепади напруги.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 2
ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ
АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Молоко в гомогенізатор 2 надходить із цистерн за допомогою насоса 1. Необхідний рівень в гомогенізаторі контролюється датчиком рівня LE 1-1. Сигнал з датчика надходить на аналоговий вхід контролера, який порівнює з заданою величиною. При досягненні заданого рівня подається сигнал на відключення насосу пускачем NS 1-3.

Тиск створюється подачею повітря з трубопроводу. Регулюється контуром PE 2-1, NS 2-3 та електроклапаном 2-4.

Молоко нагрівається до заданої температури за допомогою тена. Температура регулюється контуром TE 3-1, NS 3-3.

Готова сировина надходить в лінію виробництва шоколадної глазури.

Специфікація до функціональної схеми наведена в таблиці А.1 додатку А.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 11 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 3

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вибір датчиків

Датчики температури ТСП 012-100М.

Вони призначені для вимірювання температури навколишнього середовища, рідких, газоподібних і сипких хімічно неагресивних середовищ, а також поверхні твердих тіл в різних галузях промисловості. ТСП конструктивно виконані з кабельним виводом для безпосереднього підключення до вторинного приладу. Принцип дії заснований на безперервному перетворенні температури в значення опор або термо-е.р.с. [2].

Технічні характеристики датчика температури наведено в таблиці В.1 додатку В.

Датчик тиску.

Для вимірювання тиску в діапазоні від 0 до 7 гкс/см² вибираємо датчик Siemens SITRANS P200 7MF1565-3BG00-1AA1, характеристики якого описані в таблиці В.2 додатку В.

Siemens SITRANS P200 7MF1565-3BG00-1AA1 придатний для роботи в середовищах неагресивних до неіржавіючої сталі. Для харчової, фармацевтичної промисловості та інших промислових процесів можливе виконання з приварною відкритою мембраною з нержавіючої сталі [3].

Ємнісний датчик рівня CRF2.

Ємнісний датчик рівня CRF2 вимірює провідність між чутливими елементами і стінкою ємкості і видає сигнал 4-20 мА пропорційний рівню матеріалу. Чутливий елемент може бути виконаний в вигляді стержня або кабелю в залежності від діапазону вимірювання. Сучасне покриття не тільки захищає датчик від корозії, але мінімізує дію електромеханічних перешкод.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 12 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Датчик рівня CRF2 може вимірювати рівень не тільки рідини, але й порошкових, а також гранульованих речовин [4].

Технічні характеристики CRF2 наведено в таблиці В.3 додатку В.

3.2 Вибір виконавчих механізмів

Перетворювач частоти.

Перетворювачі частоти 6SL3210-1KE15-8UC1 Sinamics G120 2.2кВт 3-ф/380 – універсальні регулятори швидкості обертання загального застосування з вбудованою функцією енергозбереження [5].

Технічні характеристики перетворювача частоти наведено в таблиці В.4 додатку В.

Контактори Серія ВG.

Мініконтактори 11 ВG12 10 А036 застосовуються для комутації двигунів і електричних ланцюгів (освітлення, трансформаторів, тенів). Основні переваги мініконтакторів їх компактність. Це робить їх незамінними при створенні невеликих машин, кондиціонерів, автоматичних дверей [6].

Технічні характеристики мініконтакторів наведено в таблиці В.5 додатку В.

3.3 Вибір пристроїв управління

Для керування контуром гомогенізації була розроблена функціональна схема, вибрані вище наведені датчика ти виконавчі елементи.

Для даного контура вибираємо контролери Adam 4000.

Щоб забезпечити автоматизацію необхідно використати:

- модуль аналогового вводу ADAM-4017;
- модуль дискретного вводу/виводу ADAM-4050;
- модуль аналогового виводу ADAM-4024;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 13 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

– модуль перетворювач інтерфейсу ADAM-4525.

Модулі аналогового вводу ADAM-4017 [7].

Модуль аналогового вводу, 8 каналів (мВ, мА, В). Технічні характеристики перетворювача частоти наведено в таблиці С.1 додатку С.

Модулі аналогового виводу.

ADAM-4024 4-канальний модуль аналогового виводу [8]. Технічні характеристики перетворювача частоти наведено в таблиці С.2 додатку С.

Модуль дискретного вводу /виводу.

ADAM-4050 4-канальний модуль аналогового виводу [9]. Технічні характеристики ADAM-4050 наведено в таблиці С.3 додатку С.

Модулі перетворювачі інтерфейсу

ADAM 4525 перетворювач інтерфейсу RS 232 в CAN [10]. Технічні характеристики перетворювача частоти наведено в таблиці С.4 додатку С.

3.4 Вибір джерел живлення

Згідно паспортних даних потужність содулів:

ADAM 4017 – 1 шт. 1,3 Вт

ADAM 4024 – 1 шт. 2,3 Вт

ADAM 4050 – 1 шт. 0,3 Вт

ADAM 4525 – 1 шт. 1,2 Вт

$$P_3 = 1.3 + 2.3 + 0.3 + 1.2 = 5.1 \text{ Вт} .$$

U = 12 В.

$$I = \frac{P}{U} = \frac{5.1}{12} = 0.425 \text{ А} .$$

Розрахуємо необхідний струм для живлення датчиків:

$$I = 0.05 \cdot 3 = 0.15 \text{ А} .$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 14 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Обчислимо загальний необхідний струм для живлення:

$$I = 0.425 + 0.15 = 0.575 A.$$

Для забезпечення необхідного живлення виберемо блок живлення PS-65-12 [11]. Технічні характеристики перетворювача частоти наведено в таблиці D.1 додатку D.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 15 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 4

ОБГРУНТУВАННЯ І ОПИС ПРИНЦИПОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ

На листі кваліфікаційної роботи зображено схему з'єднань модулів контролера. Були використані такі модулі:

- ADAM-4017,
- ADAM-4024,
- ADAM-4525.

До модуля ADAM-4017 підключаємо аналогові датчики:

- датчик рівня LE 1-1 підключений до каналу 0,
- датчик тиску PE 2-1 підключений до каналу 1,
- датчик температури TE 3-1 підключений до каналу 2.

До модуля ADAM-4024 підключаємо частотні перетворювачі:

- NS 2-3 до аналогового виходу 0 (АО 0),
- NS 3-3 до аналогового виходу 1 (АО 1).

До модуля ADAM-4050 підключаєм пускач:

- NS 1-3 до дискретного виходу 0(DO 0).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 16 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 5

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1 Розробка алгоритму функціонування системи управління

З датчиків рівня LE 1-1 данні надходять на аналогові входи контролера, порівнюється з заданими по умові, якщо значення менше то подається керуючий сигнал пускачем 1-3 на включення двигуна насосу, інакше вмикається насос.

Для забезпечення контролю тиску в гомогенізаторі використовується контур в який входить датчик тиску PE 2-1, електроventель та пускач 2-3.

Для підтримки температури використовується контур в який входять датчик температур TE 3-1, тен та пускач 3-3. З датчика інформація порівнюється з заданою по умові, якщо значення більше то вмикаєм тен пускачем 3-3, якщо значення менше то вмикаєм тен.

5.2 Розробка програмного забезпечення програмованого логічного контролера

Середовище розробки програми для контролера ADAM 4000 AdamView.

Для зчитування інформації з аналогових датчиків використовуємо блок аналогового вводу AI. Алгоритм дій описуємо в блоці SCR на Basic Script. Виконавчими механізмами і регулюючими органами керуємо з допомогою блоку аналогового виводу AO та дискретного виводу DO.

До AI1 підключаємо датчик рівня LE 1-1 далі описуємо програму в блоці BasicScript. Програмна реалізація алгоритму наведена в лістингу 5.1.

Лістинг 5.1 – Програма зчитування даних з датчика рівня

```
Sub SCR1()
```

```
set LE = GetTag("TASK1", "AI1")
```

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 17 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

```
if LE < Lзад then
    outputi 0,0
else
    outputi 0,1
end if
```

End Sub

кінець лістингу 5.1

До AI2 підключаємо датчик тиску PE 2-1 далі описуємо програму в блоці BasicScript. Даний фрагмент коду наведено в лістингу 5.2.

Лістинг 5.2 – Програма зчитування даних з датчика тиску

```
Sub SCR2()
    set PE = GetTag("TASK1", "AI2")
    if PE < Pзад then
        p=p+(PE - Pзад)
    else
        p=p-(PE - Pзад)
    outputf 0,p
    end if
```

End Sub

кінець лістингу 5.2

До AI3 підключаємо датчик температури TE3-1 далі описуємо програму в блоці BasicScript. Фрагмент коду наведено в лістингу 5.3.

Лістинг 5.3 – Програма зчитування даних з датчика маси

```
Sub SCR3()
    Set TE=GetTag("TASK1","AI3")
    if TE < Tзад then
```

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 18 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

```
t=t+(TE - Tзад)  
else  
t=t-(TE - Tзад)  
outputf 0,t  
endif  
End Sub
```

кінець лістингу 5.3

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 19 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

РОЗДІЛ 6

РОЗРАХУНОК ГОМОГЕНІЗАТОРА

Для виділення з молока молочного жиру використовують явище природного відстою, коли в судині, що спокійно стоїть, з молоком жирові кульки спливають до поверхні судини, утворюючи шар вершків.

Швидкість спливання розраховуємо за формулою 6.1:

$$V = g \cdot \tau, \quad (6.1)$$

де g – прискорення вільного падіння, м/с²,

τ – чинник розділення, с.

Значення τ визначається за формулою 6.2:

$$\tau = \frac{2(\rho_n - \rho_{ж})}{9\eta_n} r^2, \quad (6.2)$$

де ρ_n , $\rho_{ж}$ – щільність плазми і жиру, кг/м³,

r – радіус жирової кульки, м,

η_n – в'язкість, Па·с.

Повільний процес відстою різко прискорюється в гомогенізаторах. Визначимо продуктивність гомогенізатора по Г.І. Бремеру.

Розрахунок продуктивності V_t (м/с) гомогенізатора визначається за формулою 6.3:

$$V_t = \frac{d^2 \cdot \omega^2 \cdot z \cdot \operatorname{tg} \alpha (R_o^3 - R_m^3) (\rho_n - \rho_{ж}) \cdot \eta_c}{8.6 \cdot \eta_n}, \quad (6.3)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 20 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

де η_c – ККД сепаратора ($\eta_c = 0,5,0,7$).

Пускова потужність гомогенізатора (формула 6.4):

$$N_{\text{п}} = \frac{(N_{\text{раз}} + N_{\text{г}})}{\eta}, \quad (6.4)$$

де $\eta = 0,8 \dots 0,85$ – ККД гомогенізатора.

Потужність холостого ходу (формула 6.5):

$$N_{\text{хх}} = \frac{N_{\text{г}}}{\eta}, \quad (6.5)$$

Потужність робочого ходу гомогенізатора (формула 6.6):

$$N_{\text{рх}} = \frac{(N_c + N_{\text{г}})}{\eta} \quad (6.6)$$

де N_c – потужність, потрібна для подолання гідравлічних опорів в барабані і сполучення кінетичної енергії рідини, що викидається, кВт.

Розрахунок будемо проводити в середовищі Matlab. Програма розрахунку гомогенізатора наведена в лістингу 6.1.

Лістинг 6.1 – Програма розрахунку гомогенізатора

```
disp('Введіть щільність плазми ');  
M0=input("");  
disp('Введіть щільність жиру ');  
M1=input("");
```

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 21 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

```

disp(' Введіть радіус жирової кульки ');
r=input("");
disp('Введіть в'язкість ');
M2=input("");
tet=2*(M1-M0)*r*r/(9*M2);
str=sprintf(' Чинник розділення =%f',tet);
disp(str);
V=9.9*tet;
str=sprintf(' Швидкість спливання, м/с =%f',V);
disp(str);
disp('Введіть d);
d=input("");
disp('Введіть  $\omega$ );
omega=input("");
disp('Введіть z);
z=input("");
disp('Введіть  $\alpha$ );
alfa=input("");
disp('Введіть  $\omega$ );
omega=input("");
disp('Введіть  $R_{\sigma}$ );
R1=input("");
disp('Введіть  $R_m$ );
R2=input("");
disp('Введіть ККД гомогенізатора);
kkd=input("");
Vt=d^2*omega^2*z*tan(alfa)*(R1^3-R2^3)*(M0-M1)*M2/8.8/kkd
str=sprintf(' Продуктивність гомогенізатора Vt =%f', Vt);
disp(str);

```

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 22 |

```

disp('Введіть потужність  $N_{раз}$  ');
N1=input("");
disp('Введіть потужність  $N_6$  ');
N2=input("");
Np=(N1+N2)/0.825;
str=sprintf(' Пускова потужність гомогенізатора  $N_p$ =%f', Np);
disp(str);
Nxx= N2/0.825;
str=sprintf(' Потужність холостого ходу  $N_{xx}$ =%f', Nxx);
disp(str);
disp('Введіть потужність  $N_c$  ');
N3=input("");
Np=(N3+N2)/0.825;
str=sprintf(' Потужність робочого ходу гомогенізатора  $N_{рх}$ =%f', Nрх);
disp(str);

```

кінець лістингу 6.1

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 23 |

РОЗДІЛ 7

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Для розрахунку витрат на впровадження розробленої системи автоматичного керування необхідно скласти кошторис:

- придбання та транспортування засобів автоматизації і контрольно-вимірювальної техніки;
- монтажні роботи по встановленню та налагодженню засобів автоматизації, контрольно-вимірювальної техніки.

Капітальні затрати на автоматизацію виробничих процесів визначаємо, як суму вартості КВП і А, їх монтажу та налагодження із врахуванням транспортно-заготівельних та будівельних витрат за формулою 7.1:

$$B = B_1 + B_2 + B_3 + B_4, \quad (7.1)$$

де B_1 – вартість КВП і А, грн.;

B_2 – транспортні витрати, грн.;

B_3 – витрати на монтаж КВП і А, грн.;

B_4 – вартість налагодження апаратури, грн.

Вартість приладів та засобів автоматики визначаємо на основі діючих цін отриманих з глобальної мережі Інтернет та записуємо в таблицю Е.1.

Отже, за даними таблиці Е.1:

$$B_1 = 169534 \text{ грн.}$$

Транспортні витрати складають 25 % від вартості засобів автоматизації та контрольно-вимірювальної техніки:

$$B_2 = B_1 \cdot 0,25 = 169534 \cdot 0,25 = 42384 \text{ грн.}$$

Витрати на монтажні роботи включають витрати на матеріали, енергію, основну і додаткову заробітну плату і накладні витрати, які можуть складати

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 24 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

до 45 % від вартості КВП та А:

$$B_3 = B_1 \cdot 0,45 = 169534 \cdot 0,45 = 76290 \text{ грн.}$$

Вартість налагодження апаратури приймаємо в розмірі 10 % вартості КВП і А:

$$B_4 = B_1 \cdot 0,1 = 169534 \cdot 0,1 = 16953 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати на автоматизацію виробничих процесів визначаються, і як сума вартості КВП і А, їх монтажу та налагодження з врахуванням транспортних витрат:

$$B = B_1 + B_2 + B_3 + B_4 = 169534 + 42384 + 76290 + 16953 = 305161 \text{ грн.}$$

Отже, для впровадження розробленої автоматизованої системи керування гомогенізатором необхідно придбати КВП і А на суму 169534 грн., а капітальні витрати на автоматизацію становлять 305161 грн.

Розробка та впровадження автоматизованої системи керування контуром гомогенізатором при виготовленні шоколадної глазури в цілому дозволить забезпечити стабільність протікання технологічного процесу, зменшить витрати на сировину, матеріали та енергоносії, покращить техніко-економічні показники готового продукту і підвищить ефективність роботи технологічного обладнання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 25 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі розроблено автоматизовану систему керування гомогенізатором при виготовленні шоколадної глазури. У процесі виконання роботи було вирішено наступні задачі.

При аналізі об'єкта керування були визначені параметри технологічного процесу, а саме, тиск і температура в гомогенізаторі. Була побудована структурна схема підтримання температури в гомогенізаторі.

Було розроблено функціональну схему автоматизації. Описано підключення засобів автоматизації. Розроблена специфікація до функціональної схеми.

Підібрано датчик температури, датчик тиску, датчик рівня, перетворювач частоти, контактори. Для керування контуром підібрано комплект модулів ADAM-4000: модуль аналогового вводу ADAM-4017, модуль дискретного вводу/виводу ADAM-4050, модуль аналогового виводу ADAM-4024, модуль перетворювач інтерфейсу ADAM-4525. Обрано блок живлення PS-65-12.

Розроблено і описано схему з'єднань модулів контролера.

Розроблений і описаний алгоритм функціонування системи управління. Середовище розробки програми для контролера ADAM 4000 AdamView. Для зчитування інформації з аналогових датчиків використовуємо блок аналогового вводу AI. Алгоритм дій описуємо в блоці SCR на Basic Script. Виконавчими механізмами і регулюючими органами керуємо з допомогою блоку аналогового виводу AO та дискретного виводу DO.

Виконано розрахунок потужності гомогенізатора в середовищі Matlab. Розроблена програма розрахунку гомогенізатора.

Виконано розрахунки затрат. Для впровадження розробленої автоматизованої системи керування гомогенізатором необхідно придбати

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 26 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

КПВ і А на суму 169534 грн., а капітальні витрати на автоматизацію становлять 305161 грн.

Розробка та впровадження автоматизованої системи керування контуром гомогенізатором при виготовленні шоколадної глазури в цілому дозволить забезпечити стабільність протікання технологічного процесу, зменшить витрати на сировину, матеріали та енергоносії, покращить техніко-економічні показники готового продукту і підвищить ефективність роботи технологічного обладнання.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 27 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гомогенізатори – Принцип роботи, використання та масштабування.
URL: <https://bequetconfections.com/blogs/news/the-history-of-caramel-and-caramel-candy?srsId=AfmBOoq9dJNV7YhTrcxgBH25xdxkP635ZBzfZWvWs8jgmec3E7p5p-j-> (дата звернення 12.04.2026).

2. Датчики температури 012. URL: <https://ukrpromcentr.com.ua/ua/p2603558777-datchiki-temperature-012.html> (дата звернення 12.04.2026).

3. Датчик тиску Siemens SITRANS P200 7MF1565-3BG00-1AA1. URL: <https://peko.com.ua/process-sensors/pressure-sensors/siemens-7mf1565-3bg00-1aa1> (дата звернення 12.04.2026).

4. CRF2-WR01T-040 Датчик рівня рідини Dwyer 0-10 мм CRF2-WR01T-040. URL: https://chastotnik.ua/dwyer-instruments-r-crf2-wr01t-040?srsId=AfmBOoplmbmvQaTFsQqtKQdWKehL6XsXwm_zB8zc4egl8OCM6w1-kwPw&utm_source=google&utm_medium=сpc&utm_campaign=dsa-categories&utm_content=195197224235 (дата звернення 17.04.2026).

5. 6SL3210-1KE15-8UC1 Частотний перетворювач Sinamics G120 2.2кВт 3-ф/380. URL: https://chastotnik.ua/siemens-r-6sl3210-1ke15-8uc1?tm=tt&ap=gads&aaid=adahQx855uceQ&utm_source=google&utm_medium=сpc&utm_campaign=trk-Prod_Invertors_UA&gad_source=1&gad_campaignid=22731989701&gbraid=0AAAAADPn33tAkCeqfIzar5SJ7joyCE_pP&gclid=Cj0KCQjwlqTRBhCBARIsANrkrxgDoRZFхурzTQBCWYncIdVM5vRexBsTfQyk8G47NkRUmaxQ-2WaZFMaAkTVEALw_wcB (дата звернення 17.04.2026).

6. Мініконтактор 11 BG12 10 A036. URL: <https://svaltera.in.ua/minikontaktor-11-bg12-10->

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 28 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

a036/?srsltid=AfmBOopruaPLWnjzyNYOparafl3tgpjiBJvMTo_9WmXd5ulWG1I
eHtur (дата звернення 17.04.2026).

7. Модуль аналогового входу ADAM-4017. URL:
[https://www.advantech.com/emt/products/gf-5vtd/adam-4017/mod_170c40f4-
ебас-485е-9df9-1е6ef60f971f](https://www.advantech.com/emt/products/gf-5vtd/adam-4017/mod_170c40f4-ебас-485е-9df9-1е6ef60f971f) (дата звернення 20.04.2026).

8. ADAM-4024. URL: [https://www.advantech.com/en-us/products/gf-
5vtd/adam-4024/mod_5e18f39b-38ef-4033-98f9-1ede917139ee](https://www.advantech.com/en-us/products/gf-5vtd/adam-4024/mod_5e18f39b-38ef-4033-98f9-1ede917139ee) (дата звернення
20.04.2026).

9. Модуль дискретного вводу-виводу ADAM-4050. URL:
[https://www.advantech.com/emt/products/gf-5vwk/adam-4050/mod_02b0d2ad-
0bbb-498a-8647-b910ce345125](https://www.advantech.com/emt/products/gf-5vwk/adam-4050/mod_02b0d2ad-0bbb-498a-8647-b910ce345125) (дата звернення 20.04.2026).

10. User's Manual of ADAM-4525.. URL:
<https://www.advantech.com/en-us/support/details/manual?id=1+GE+782> (дата
звернення 20.04.2026).

11. Блок живлення PS-65-12: [https://eleksun.com.ua/impulsnyy-blok-
pitaniya-mdr-10-12-moshchnost-10-vt-vhod-85-264v-120-370vvyhod-12v-dc-
mean-well.html](https://eleksun.com.ua/impulsnyy-blok-pitaniya-mdr-10-12-moshchnost-10-vt-vhod-85-264v-120-370vvyhod-12v-dc-mean-well.html) (дата звернення 20.04.2026).

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|---------------------------|------|
| | | | | | АтаБС-016.00.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |