

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-виміральної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: **Комп'ютеризована інформаційно-вимірвальна система для
визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів**

Виконав: студент 2 курсу, групи МТ-1м
Спеціальності: 152 «Метрологія та
інформаційно-вимірвальна техніка»

Гагін А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: доцент кафедри М та ІВТ

кандидат технічних наук, доцент

Чепюк Л.О.

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доцент Ткачук А.Г.

(науковий ступінь, вчене звання, посада, прізвище та ініціали)

Житомир – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« _____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу магістра

Студент _____ Гагін А.В.

1. Тема роботи: Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів

Керівник роботи: доцент кафедри М та ІВТ кандидат технічних наук, доцент
Чепюк Л.О.

затверджена наказом по університету від « 09 » листопада 2023 р. № 648/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « 17 » _____ Грудня _____ 2023р.

3. Вихідні дані до роботи Об'єкт вимірювань – технологічний процес виробництва харчових соусів, фізичні величини – температура, рівень, вага, витрати складових компонентів та готової продукції виробництва харчових соусів; галузь застосування інф-вим системи для визначення та контролю параметрів - виробництво харчових соусів

4. Зміст пояснювальної записки

огляд та аналіз існуючих методів вимірювання параметрів виробництва харчових соусів та інформаційно-вимірювальних систем, розробка методу вимірювань

параметрів виробництва харчових соусів та структурної схеми системи, вибір технічних засобів вимірювального каналу, розробка алгоритму, функціональної схеми, структурної схеми, принципової схеми, розрахунок метрологічних характеристик системи для визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів

5. Перелік графічного матеріалу

структурна схема об'єкту вимірювань, функціональна схема вимірювального каналу, принципова схема, блок-схема алгоритму обробки вим інф

6. Консультанти кваліфікаційної роботи магістра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	Чепюк Л. О.		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд та аналіз методів та засобів вимірювання виробництва харчових соусів	01.10.23 – 05.10.23	Виконано
2	Формулювання завдань кваліф. роботи	06.10.23 – 10.10.23	Виконано
3	Розробка методів вимірювання та структури комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи	25.10.23 – 09.11.23	Виконано
4	Розробка структурної схеми	11.10.23 – 15.10.23	Виконано
5	Вибір технічних засобів вим каналу системи та розробка функ схеми	16.10.23 – 24.10.22	Виконано
6	Розробка алгоритму роботи комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи	10.11.23 – 22.11.23	Виконано
7	Розрахунок метрологічних характеристик	23.11.23 – 03.12.23	Виконано
8	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	04.12.23 – 17.12.23	Виконано

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Гагін А.В.

(прізвище та ініціали)

Чепюк Л. О.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В даній кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютеризовану інформаційно-вимірювальну систему визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів, описано методи та засоби вимірювання параметрів технологічного процесу виробництва харчових соусів, розроблено функціональну схему, структурну схему, електричну-принципову схему комп'ютеризованої ІВС, проведено розрахунки похибок вимірювального каналу.

Ключові слова: комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система, програмований логічний контролер, програмно-алгоритмічне забезпечення, засоби вимірювання температури, рівня, ваги, витрат, похибка вимірювання.

ABSTRACT

In this qualification work, a parameter-computerized information and measurement system for determining and controlling the production of food sauces was developed, the methods and means of measuring the parameters of the technological process of the production of food sauces were described, a functional diagram, a structural diagram, an electrical and principle diagram of a computerized IBS were developed, calculations were carried out . error of the measuring channel.

Keywords: computerized information and measurement system, programmable logic controller, software and algorithm, means of measuring temperature, level, weight, costs, measurement of measurement.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	7
ВСТУП.....	8
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ СОУСІВ ...	12
1.1. Огляд існуючих рішень з вимірювання параметрів виробництва харчових соусів та побудови інформаційно-вимірювальної системи	12
1.2. Опис комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів як об'єкта вимірювання	17
1.3. Формулювання завдань, що вирішуються в кваліфікаційній роботі ..	31
1.4. Висновки до 1 розділу.....	31
2. РОЗРОБКА МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО -ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ.....	32
2.1. Фізичні принципи вимірювання і методи вимірювання параметрів виробництва харчових соусів	32
2.2. Структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи.....	49
2.5. Висновки до 2 розділу	50
3. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ.....	51

3.1.Ваговий модуль SIWAREX WP.....	51
3.2.SITRANS FM MAG 1100 F Повнопрохідний електромагнітний датчик потoku.....	54
3.3.Регулятор температури AR660/S2/P/P/RS485/WA/P.....	60
3.4. Датчик рівня ємнісний CA30CLN12MV10M	62
3.5. Індуктивний датчик положення SIEN-M18B-PS-K-L-P5.....	65
3.6. SIMATIC S7-1500, центральний процесор CPU 1513-1 PN	67
3.7. Інтерфейсний модуль IM155-6PN ST	70
3.8. SIMATIC TP1200 COMFORT, панель оператора серії “Комфорт”	72
3.9. Частотний перетворювач SINAMICS G120C.....	73
3.10. Розробка принципової схеми.....	74
3.11. Висновки до 3 розділу	77
4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО - АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП’ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ СОУСІВ	78
4.1. Розробка алгоритму роботи комп’ютеризованої інформаційно- вимірювальної системи визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів	78
4.2.Розрахунок метрологічних характеристик (похибок) комп’ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи	84
4.3. Динамічні характеристики вимірювальних каналів.....	92
4.3. Висновки до 4 розділу	102
ВИСНОВКИ	103
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	104
ДОДАТКИ	107

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПЛК – програмований логічний контролер

ПЗ – програмне забезпечення

АСУ – автоматизована система управління

ОУ – об'єкт управління

АФЧХ – амплітудно-фазо частотні характеристики

КІВС – комп'ютеризована інформаційно –вимірювальна система

ВСТУП

Актуальність теми. Розробка комп'ютеризованої інформаційно-виміральної системи визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів дозволить забезпечити безпечну експлуатацію обладнання і протікання процесу виготовлення харчових соусів.

Соус – це продукт з напіврідкою консистенцією, який подають до готової страви для поліпшення смаку, аромату й зовнішнього вигляду. Добре приготовані і правильно підібрані соуси урізноманітнюють смак і зовнішній вигляд їжі, роблять її більш соковитою, що полегшує засвоєність. Крім того соуси доповнюють склад страв, підвищують їхню харчову цінність, оскільки до більшості з них входять яйця, вершкове масло, олія, вершки, молоко.

Соевий соус, або шою, — це темно-коричнева солоня рідина, яка використовується як приправа або інгредієнт у рецептах. Соеві боби є основним інгредієнтом соєвого соусу, але базовий рецепт також включає пшеницю, сіль і воду. Також необхідна кислота або ферментуючий агент, такий як цвіль або дріжджі.

Асортимент соусів промислового виробництва стрімко зростає. Найбільшою популярністю користуються соуси типу „майонез”, „кетчуп” та „гірчиця”. Тривалий час майонез «Провансаль» був чи не єдиним соусом доступним пересічному споживачеві. Соус майонез — сметаноподібна дрібнодисперсна стійка емульсія, до складу якої входить рафінована олія, яєчний порошок, сухе знежирене молоко, гірчиця, цукор, сіль, різні прянощі. Біологічна цінність його зумовлена високим вмістом ненасичених жирних кислот. Залежно від рецептури і призначення випускають майонез столовий (Провансаль, Європейський, Домашній) з прянощами, відрізняється гострим

смаком, вираженим ароматом внесених прянощів; із смаковими добавками і такими, що здатні утворювати желе (Барбекю, Мехікано, Тартар та ін.). На основі майонезу готують усі похідні соусу майонезу.

В даній роботі розроблено та досліджено нову комп'ютеризовану інформаційно-вимірювальну систему визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів, що дозволяє замінити застарілі плати апаратної логіки надійним обладнанням, що відповідає сучасним вимогам до вимірювальної і іспитової техніки, але цілком зберігає функціональність і особливості роботи з механізмами керування. Функції формування аварійних повідомлень, сигналів захисту та дискретних сигналів реалізовано програмно.

Метою даної роботи є розробка нової КІВС визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідження виробництва харчових соусів як об'єкта контролю;
- вибір контрольованих параметрів, підбір технічних засобів і розробка на їх основі структури КІВС контролю процесу виробництва харчових соусів;
- розробка алгоритму, структурної схеми, функціональної схеми, принципової схеми КІВС;
- розробка метрологічного забезпечення КІВС шляхом моделювання метрологічних характеристик (похибок);

Об'єкт дослідження – процеси вимірювання температури, рівня, ваги, витрат виробництва харчових соусів.

Предмет дослідження – комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів.

Методи дослідження базуються на аналітичному виведенні рівнянь математичної моделі вимірювального каналу, використанні обчислювальних блоків у вимірювальному каналі, застосуванні методів комп'ютерного моделювання з наступною статистичною обробкою отриманих результатів.

Наукова новизна даної роботи полягає в:

- 1) Сформульовано перелік фізичних величин, вимірювання яких дозволяє контролювати процес виготовлення харчових соусів;
- 2) Удосконалено методи вимірювань параметрів технологічного процесу:
 - Вимірювання температури за допомогою терморезистора та терморегулятора;
 - Вимірювання ваги за допомогою тензодатчиків та вагового модуля Siwarex WP 321;
 - Вимірювання рівня за допомогою ємнісних датчиків рівня;
 - Вимірювання витрат за допомогою витратоміра FM MAG 1100 F.

Практична цінність даної роботи полягає в:

- 1) вибрано вимірювальні засоби та елементну базу КІВС процесу виготовлення харчових соусів;
- 2) розроблено структурну, функціональну, принципову схему, алгоритм;
- 3) розраховано метрологічні характеристики КІВС процесу виготовлення харчових соусів;
- 4) пропонується впровадити нову КІВС визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів.

Структура та обсяг роботи. Дана робота складається з анотації, вступу, 4 основних розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел та додатку. Робота викладена на 107 сторінках основного тексту і містить 38 рисунків та 9 таблиць.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ СОУСІВ

1.1. Огляд існуючих рішень з вимірювання параметрів виробництва харчових соусів та побудови інформаційно-вимірювальної системи

Томатні соуси (кетчупи) готують з томатної пасти, томатного пюре, свіжих стиглих томатів з додаванням цукру, оцту, солі, прянощів, олії, харчових кислот та інших продуктів. Готують соус томатний гострий, Астраханський, Кубанський, Херсонський та ін. Соус томатний гострий виготовляють із свіжих томатів або томатного пюре, додають цукор, оцет, сіль, цибулю, часник і червоний перець. До складу соусу Кубанський входять свіжі достиглі томати, уварені з цукром, сіллю, оцтом, прянощами, і подрібнені цибуля та часник. Соус має ніжний кислосолодкий смак. Томатні соуси звичайно бувають оранжевого, червоного або малинового кольору, однорідної консистенції, гострого смаку. Використовують їх як приправу до перших і других страв.

Соевий соус — один з важливих компонентів азійської кухні, продукт бродіння (ферментації) соєвих бобів під комбінації кількох мікроорганізмів (бактерій роду *Lactobacillus*, грибків виду *Aspergillus oryzae*). Є рідиною дуже темного кольору з характерним різким запахом. Для приготування соєвого соусу соєві боби відварюють у воді або на пару до м'якого стану, після чого їх змішують з борошном, приготованим з обсмажених ячмінних або пшеничних зерен. Після підсолювання отриману суміш піддають бродінню (ферментації) тривалістю від 40 днів до 2-3 років. Від терміну бродіння залежить насиченість кольору соусу. Готовий соус має сильні асептичні властивості і, як правило, не потребує консервантів навіть для тривалого зберігання. Містить безліч мінеральних

елементів, вітамінів і амінокислот. За рахунок похідних глютамінової кислоти має властивість яскраво підкреслювати смак страв. Є відомості, що соєвий соус має деякі антиоксидантні властивості.

Для виготовлення делікатесних соусів використовують томатне пюре, томатну пасту, фруктове пюре, борошно сої, олію, цукор, сіль, оцет, гірчицю, прянощі. Делікатесні соуси складаються з однорідної, добре протертої маси і мають ароматний запах та кисло-солодкий гострий смак, без стороннього присмаку і різко виявленого запаху оцтової кислоти, їх подають до холодних закусок, пер ших і других страв з м'яса, риби, овочів. Залежно від складу і способу виробництва розрізняють соуси делікатесні Південний, Український, Любительський, Ананасовий тощо. Соус Південний відрізняється гострим смаком і приємним ароматом. Його виготовляють з додаванням ферментативного соєвого соусу, яблучного пюре, томатної пасту, протертої печінки, цукру, олії, часнику, цибулі, родзинок, перцю, імбиру, гвоздики, кориці, мускатного горіха, кардамону, мадери. Соус використовують для м'ясних, рибних і овочевих страв, його додають при приготуванні червоних соусів. Фруктові соуси (яблучний, абрикосовий, сливовий, персиковий, ананасний) виготовляють з очищених уварених плодів з цукром, їх подають до солодких круп'яних і борошняних страв (бабок, запіканок, налисників, млинців, оладок). Для приготування соусу Ткемалі використовують пюре свіжих слив, додають базилік, кіндзу, часник і червоний перець. Він має кислуватогострий смак. Подають до смажених страв з м'яса, птиці, шашликів. Концентрати соусів промислового виробництва виробляють у порошках — червоні, білі, грибні. Сировиною сухих концентратів є сухе м'ясо, гриби, овочі, пасероване борошно, томатний порошок, сухе молоко, сіль, цукор, лимонна кис

лота, прянощі, глютамат натрію. Перед використанням їх розводять водою, кип'я тять 2-3 хв. і заправляють вершковим маслом. Концентрати соусів упаковують у коробки або пакети масою від 50 до 200 г або від 1 до 2 кг. Зберігають 4 місяці. Гірчиця харчова готова. Для її приготування використовують гірчичний поро шок, який заливають окропом, настоюють і заправляють сіллю, цукром, олією і прянощами. Харчова гірчиця залежно від рецептури буває таких видів: Столова, Ароматна, Домашня, з хроном, з часником. Консистенція усіх видів готової гірчиці повинна бути мазка, однорідна, жовтого кольору (до пускається коричневий відтінок), смак — гостропекучий, властивий даному виду гірчиці, без сторонніх присмаків. Столова гірчиця відрізняється вмістом цукру (від 7 до 16 %), кухонної солі (від 1,4 до 2,5 %), оцтової кислоти (від 1,5 до 2,4 %) та олії (від 4 до 10 %). Готову харчову гірчицю зберігають в сухих затемнених приміщеннях при тем пературі не вище 10 °С, в охолоджуваних — 1,5 місяця. Сировина для виробництва соусів Основною сировиною для виробництва соусів типу «майонез» є - олія (соняшникова, кукурудзяна, оливкова) рафінована та дезодорована. В олії не повинно міститись саломасу, оскільки його присутність призводить до руйнації емульсії; -яєчний порошок чи меланж; -молоко знежирене сухе (вводиться у якості емульгатора); -цукор-пісок, (вводиться як смакова добавка і консервант); -сіть кухонна, «Екстра» (вводиться як смакова добавка і консервант) - гірчичний порошок першого і другого ґатунку; -кислота оцтова -80-% (консервант, надає специфічного смаку). Додатковою, але визначальною щодо смаку, є така сировина як перець, кріп, лавровий лист, кориця, карі, гвоздика, фруктовো-ягідні есенції, ксиліт. Здебільшого виробниками майонезу використовуються готові комплекси спецій, що розробляються

спеціалізованими підприємствами. Для покращення консистенції майонезів дозволяється використовувати: альгінат натрію харчовий по ТУ 15-544-83; білок соєвий харчовий по ТУ 10-04-02-31-88; основа соєва харчова по ТУ 10-04-02-37-88; концентрат соєвий харчовий (П-70) по ТУ 10-04-02-22-87; білок соєвий харчовий (ПМП) по ТУ 10-04-02-58-89; крохмаль картопляний карбоксиметиловий по ТУ 10 БССР 111-86; крохмаль кукурудзяний фосфатний та інші смакові і стабілізуючі добавки по НТД і у відповідності з технічним описом для конкретного найменування майонезу, дозволені органами державного санітарно-епідеміологічного контролю.

Основною сировиною для виготовлення соусів типу «кетчуп» є уварена і протерта томатна маса (пюре, соус, паста), або свіжі томати (пульпа). Економічно вигідно використовувати концентровану сировину. Використання свіжої томатної пульпи здорожує продукцію. Крім того, як допоміжна сировина використовуються пюре із солодкого перцю, фруктові соуси, вода, цукор-пісок, сіль, кислоту оцтову -80-%ну, оцет харчовий, цибуля і часник, зелень свіжа і сушена, екстракти трав, спеції. Для приготування гірчиці використовують наступну сировину: порошок гірчичний, олію, цукор-пісок, сіль, кислоту оцтову -80-%ну, оцет харчовий, воду питну, лавровий лист, перець чорний, горіх мускатний, корицю, гвоздику. Крім переліченої сировини до соусів входять стабілізуючі, емульгуючі, консервуючі та антиокислювальні добавки.

На рис.1.1 та рис.1.2 показано приклади схем виготовлення харчових соусів.

1.2. Опис комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів як об'єкта вимірювання

В даному розділі описано технологічний процес, процес пастеризації виробництва харчових соусів та послідовність процесу.

1.2.1. Технологічний процес

1.2.1.1. Перекачування в Варочний котел 1/2:

Оператор вибирає на НМІ, в який резервуар перекачувати: Варочний 1 або Варочний 2.

1.2.1.2. Варочний котел 1

Відкривається клапан Y1/Y7 та вмикається насос M1. Виставляється швидкість для перекачки продукту, паралельно з насосом вмикається клапан промивки YM1. Перекачування в резервуар завершується коли вага вимірювання в Купажер відображає 0kg, беручи до уваги допуск відхилення зазначеного в параметрах рецепта. Варочний 1 повинен бути обладнаний датчиком максимально рівня продукту 1B3 для уникнення переливання. Мішалка M4 підключена до частотного перетворювача 4kWt, керування мішалкою через панель оператора НМІ.

На рис. 1.3 показано технологічну схему купажера, на рис. 1.4 показано технологічну схему варочного котла 1, на рис. 1.5 показано технологічну схему варочного котла 2, на рис. 1.6 показано технологічну схему вібросито цукор, на рис. 1.7 показано технологічну схему вібросито сіль, на рис. 1.8 показано схему з'єднання контролера, інтерфейсного модуля, пульта оператора, шафи управління ЩР1 та підключення мережі Ethernet.

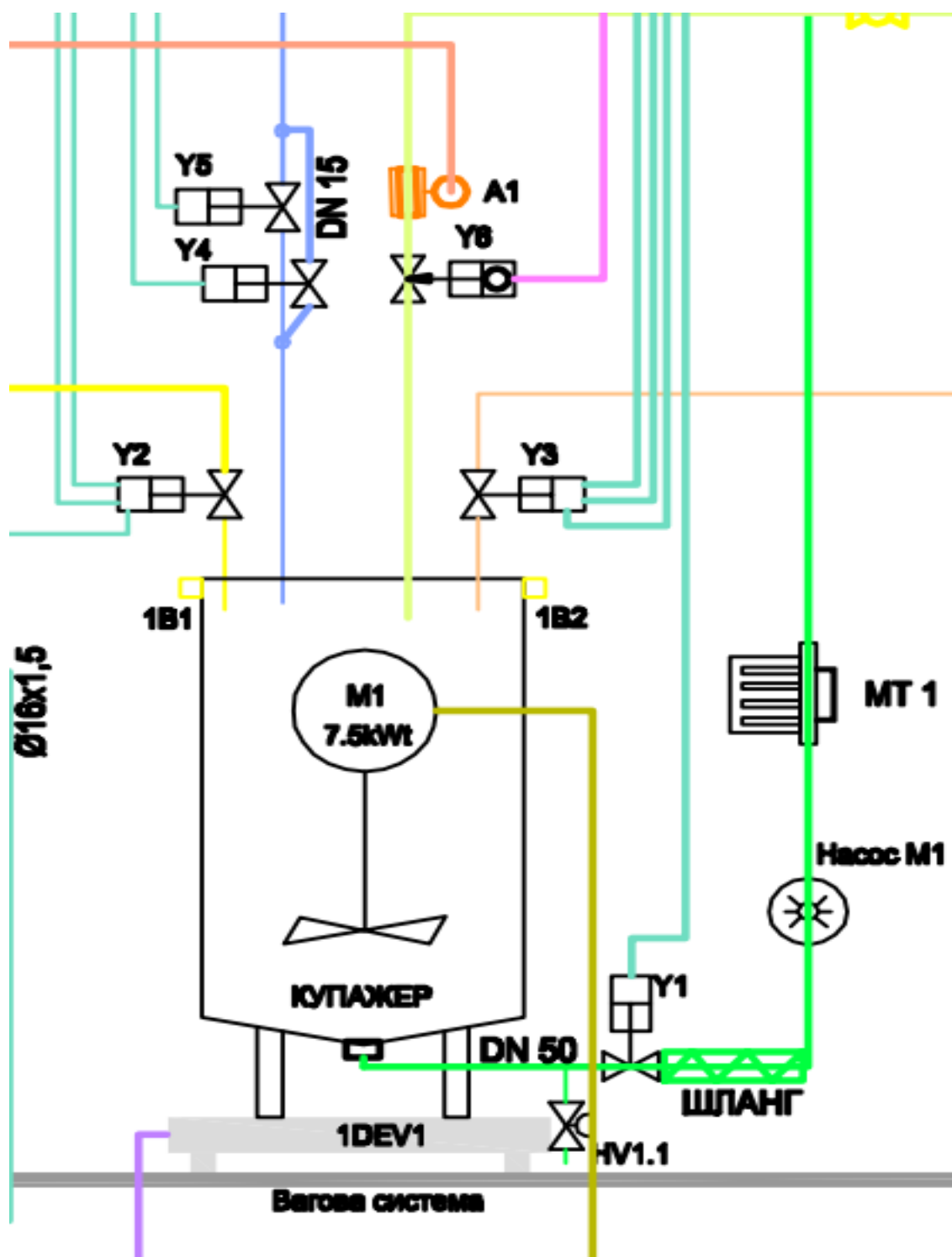


Рис. 1.3 – Купажер

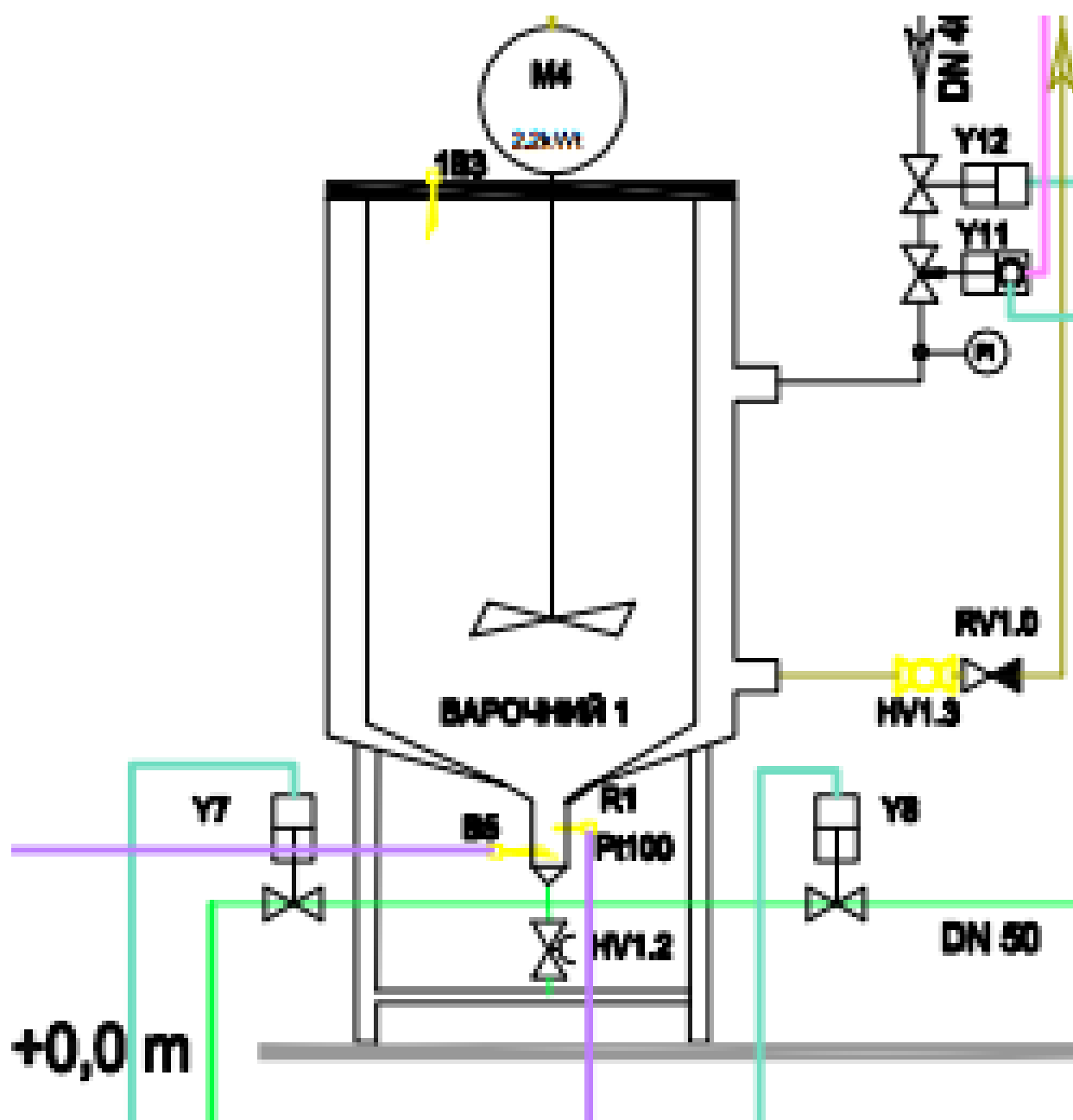


Рис. 1.4 – Варочный котел 1

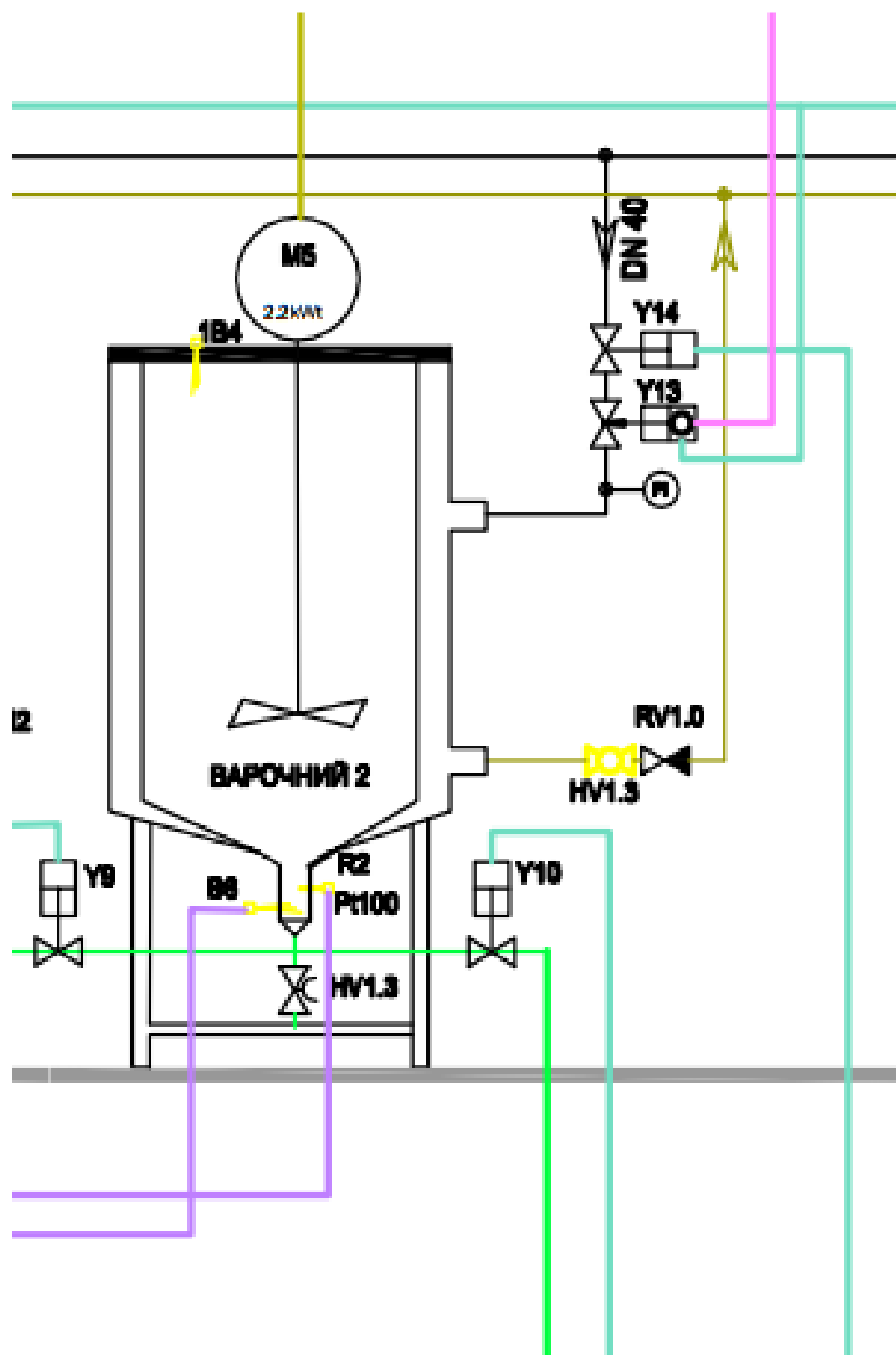


Рис. 1.5 – Варочный котел 2

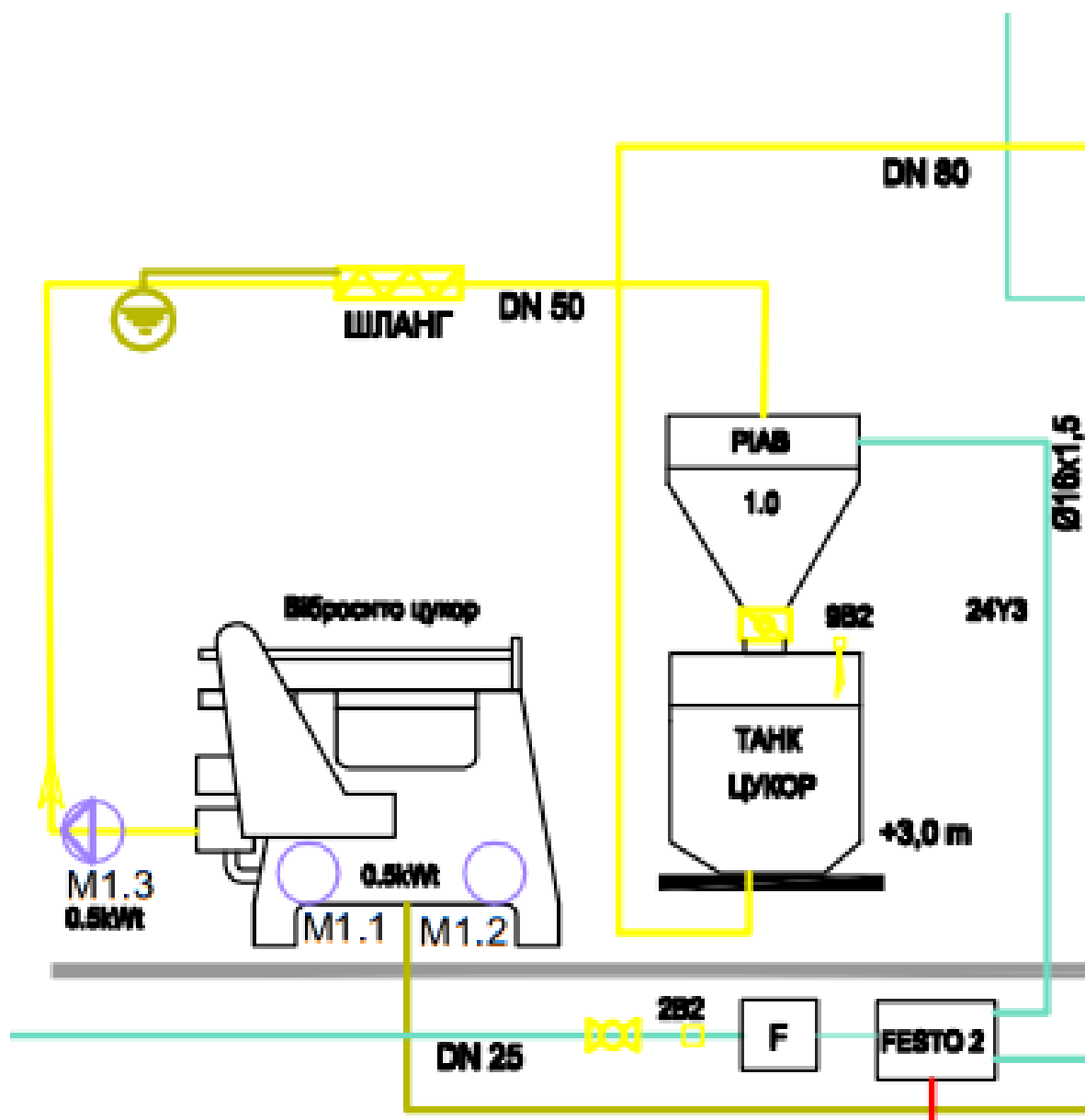


Рис. 1.6 – Вібросито цукор

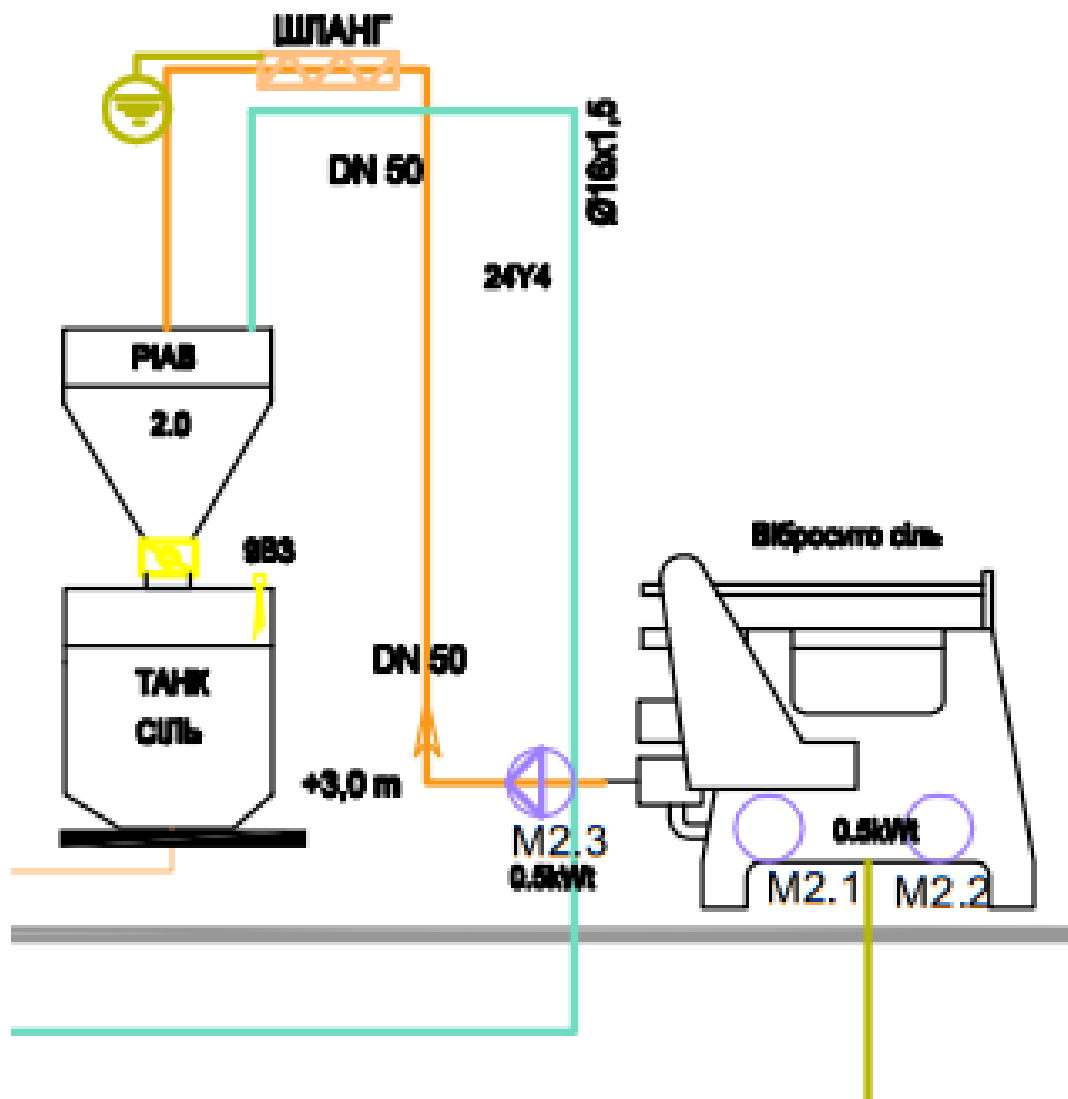


Рис. 1.7 – Вібросито сіль

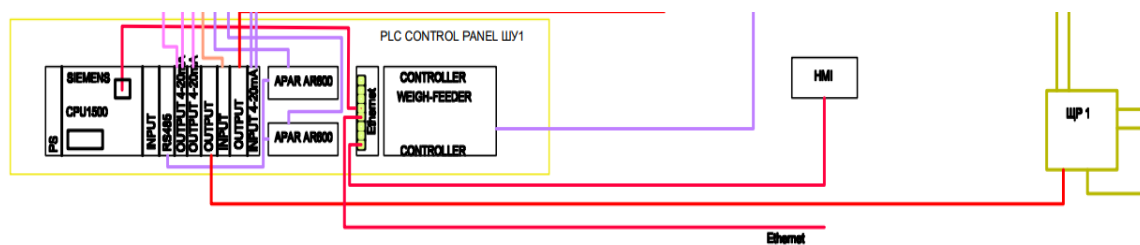


Рис. 1.8 – Підключення мережі Ethernet

1.2.1.3. Варочний котел 2

Відкривається клапан Y1/Y10 та вмикається насос M1. Виставляється швидкість для перекачки продукту, паралельно з насосом вмикається клапан промивки YM2. Перекачка в резервуар завершується коли вага вимірювання в Купажер відображає 0kg, беручи до уваги допуск для відхилення зазначеного в параметрах рецепта. Варочний 2 повинен бути обладнаний датчиком максимально рівня продукту 1B4 для уникнення переливання. Мішалка M5 підключена до частотного перетворювача LG 4kWt, (демонтовується з шафи), керування мішалкою через панель оператора.

При перекачуванні продукту з Варочних ємностей, вмикається насос M2, виставляється швидкість насоса, відкриваються клапани Y8/Y10 в залежності з якої варочної ємності іде викачка продукту, вибирається на HMI.

1.2.2. Пастеризація

Для пастеризаторів Варочний 1/2 контур управління буде встановлений, щоб контролювати температуру продукту через контроль пару в сорочці резервуара.

Окремі 2 ПД-регулятори APAR AR600 будуть використовуватись для контролю пари, щоб відповідати нормам законодавства . Цей контролер буде підключений до ПЛК і задавання значень і параметрів повинні бути доступні через HMI.

1.2.3. Послідовність процесу

1. Оператор вмикає процес пастеризації на вибраній ємності, вмикається лампа «Пастеризація», вмикається мішалка на Варочний 1/2

на НМІ та додатково на світловій колоні починає періодично засвічуватись «Жовта» лампа.

2. Відкривається цифровий клапан пару Y12 або Y14 і аналоговий клапан Y11 або Y13, які підключені до аналогових виходів PLC, в залежності від запрограмованої таблиці діапазонів температур та відсотку відкриття клапану.

3. Блокуються клапани викачки та закачки продукту Y8/9 для Варочний 1, Y9/10 для Варочний 2. Клапани заблоковані весь час поки не закінчиться пастеризація. (дані клапани можна розблокувати тільки в спеціальному меню під паролем адміністратора) - *аварійна ситуація*.

4. З показника температури Араг AR660 по порту RS485 йде передача даних температури по протоколу зв'язку MODBUS RTU. Даний модуль працює в режимі Slave. На приладі встановлюється адрес приладу та швидкість передачі. (При можливості задавати адрес та швидкість зв'язку з НМІ).

5. При досягненні запрограмованої температури $tr1^{\circ}\text{C}$ вмикається витримка температури за часом tv , при роботі якої також підтримується запрограмована температура. Після закінчення витримки температури за часом клапан на подачу пари Y11/13 відкривається на 99° . При досягненні температури 95°C мішалка Варочного 1/2 вимикається і при досягненні температури 100°C клапани пару закриваються. Вмикається час витримки $tv1$ (програмується час в рецепті), після закінчення якого з'являється повідомлення «Пастеризація закінчена».

6. З моменту початку витримки температури за часом лампа «Пастеризація» на світловій колоні «Жовта» світиться постійним світлом, також висвітлюється повідомлення на НМІ.

7. Під час другого нагріву після витримки лампа «Пастеризація» на світловій колоні «Жовта» починає періодично засвічуватись з іншою частотою. При досягненні температури 100°C лампа вимикається.

8. Якщо температура знизиться нижче запрограмованої $tr1^{\circ}C$ під час витримки температури за часом, то вмикається лампа «Аварія пастеризації» та лампа на світловій колоні «Червона». Звучить звуковий сигнал від світової колоні. Після відновлення температури до запрограмованої, автоматично оновлюється таймер пастеризації $tr1^{\circ}C$ і витримка пастеризації починається з 0.

9. Після закінчення часу витримки $tv1$ вмикається лампа «Зелена» на світловій колоні. На НМІ підтверджується закінчення пастеризації.

10. Розблоковується клапани викачки та закачки продукту. Показувати статус клапана на екрані НМІ.

11. Оператор вмикає насос перекачки з вмиканням клапана з вибраної ємності.

12. Після перекачки продукту всі лампи відключаються.

У випадку аварії («Температура нижче допустимого рівня») відлік часу витримки повинен початись повторно від початку досягнення відповідної температури. Після досягнення необхідного ліміту температури пастеризації має початись новий відлік тривалості пастеризації (згідно заданого програмою режиму температури/часу пастеризації).

Дана функція вибирається в меню, автоматично старт пастеризації при відновленні температури чи вручну від команди оператора (кнопка на екрані НМІ якщо режим ручний). Дане відновлення фіксується в архіві новою строчкою для даного рецепту з фіксуванням дати/часу нового циклу пастеризації.

1.2.4. Повідомлення які з'являються на НМІ при роботі.

Аварії виводяться в червоній стрічці монітора внизу екрана. Натиснувши на дану стрічку, переходимо в екран аварій.

- Якщо під час витримки температура впаде нижче запрограмованої пастеризації **tr1°C**, система фіксує аварію «**Температура нижче допустимого рівня**».
- Якщо температура повернулась на запрограмовану температуру **tr1°C**. Аварія «**Температура нижче допустимого рівня**» обнуляється автоматично.
- Якщо час пастеризації менше встановленого то система виводить помилку “**Час пастеризації менше встановленого**”
- Якщо загальний час циклу перевищив максимальний час пастеризації то система виводить помилку “**Перевищено максимальний час пастеризації**”
- Якщо регулятор температури Араг не передає дані на протязі 10 секунд (відсутній зв'язок) - зафіксувати аварію «**Збій передачі даних від регулятора температури АРАР до PLC**». При цьому засвічується лампа «**Аварія**» та подається звуковий сигнал.

- Після завершення циклу витримки висвічується **«Пастеризація завершена»**, система переходить в режим очікування наступного циклу. При цьому на екрані висвічуються дані про пастеризації як в таблиці.
- Передача даних в програму верхнього рівня.

Дані з PLC для збору інформації в DMO MMS.

При процесі пастеризації додаткова інформація поступає в систему DMO MMS.

- сигнал про вмикання клапану пару, «нагрів»
- сигнал про ввімкнутий клапан викачки, «викачка»
- температура продукту,

вказати області DM контролера для температури продукту, сигналів «нагрів», «викачка», сигналів аварії для передачі цих даних з PLC по Ethernet каналу в систему «DMO MMS».

Система DMO MMS по IP адресу підключається до PLC і бере дані з вказаних областей пам'яті.

Код аварії.

0 - Відсутні,

1 - **«Температура нижче допустимого рівня»**

2 - **«Перевищено максимальний час пастеризації»**

3 - **«Збій передачі даних від регулятора температури APAR до PLC»**

4 – **«Час пастеризації менше встановленого»**

Дані аварії відображаються на НМІ при пастеризації.

1.2.5 Архівація даних.

Для можливості перегляду попередніх пастеризацій зробити таблицю з можливістю перегляду в архіві про статус кожної пастеризації з максимально

можливою кількістю записів. Якщо пам'ять PLC або НМІ заповнена, затирається перша пастеризація.

На рис. 1.9-1.12 показано візуалізацію панелі оператора.

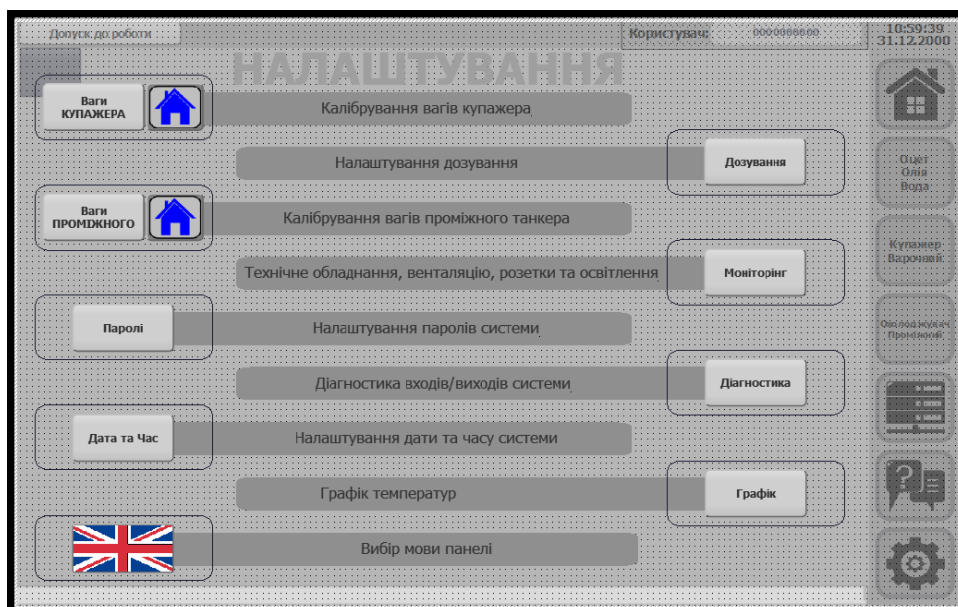


Рис. 1.9 – Панель оператора (екран налаштування)

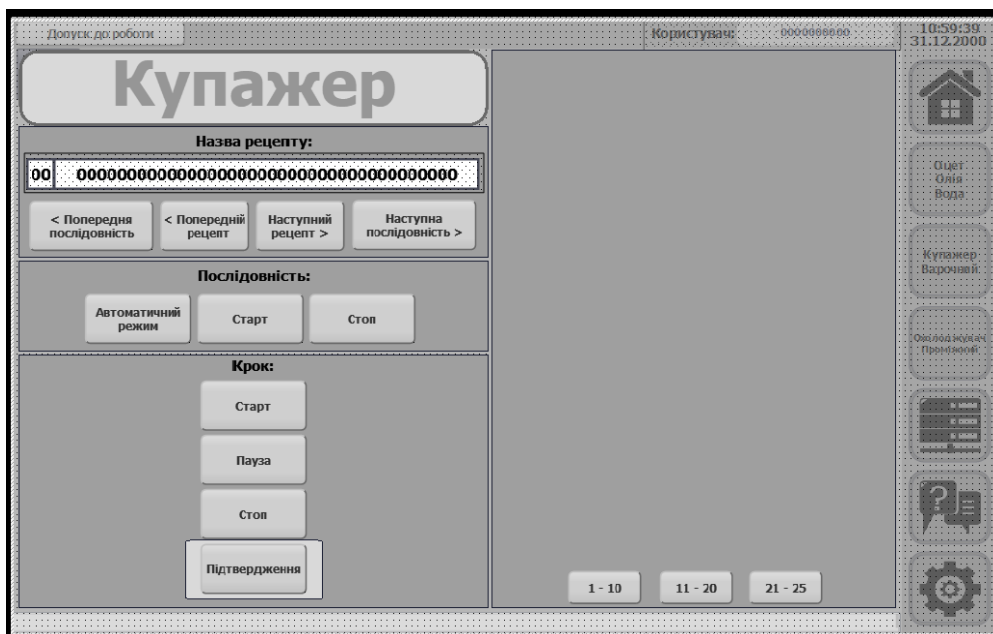


Рис. 1.10 – Панель оператора (екран купажер)

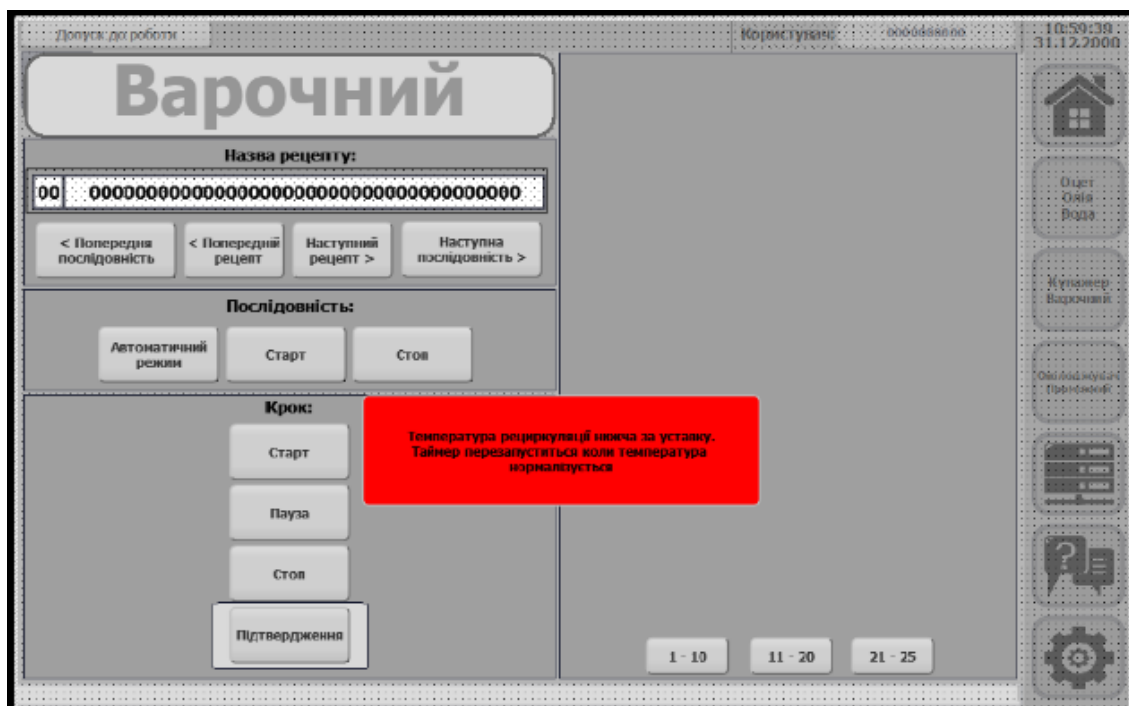


Рис. 1.11 – Панель оператора (екран варочний котел)

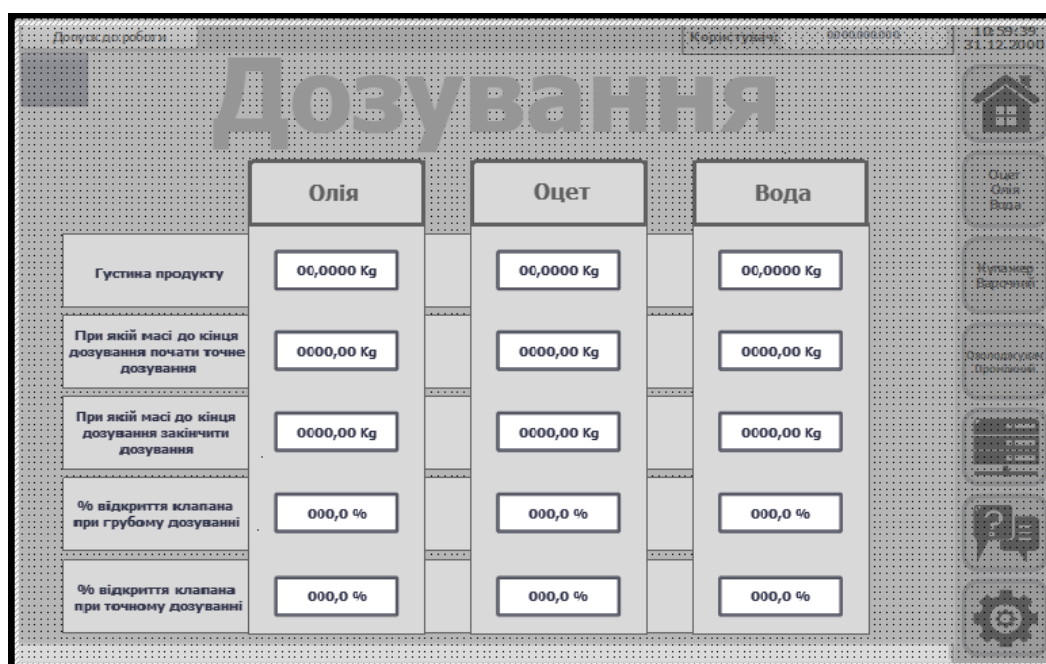


Рис. 1.12 – Панель оператора (екран дозування)

На рис. 1.13 показано загальну функціональну схему процесу виробництва соєвого соусу.

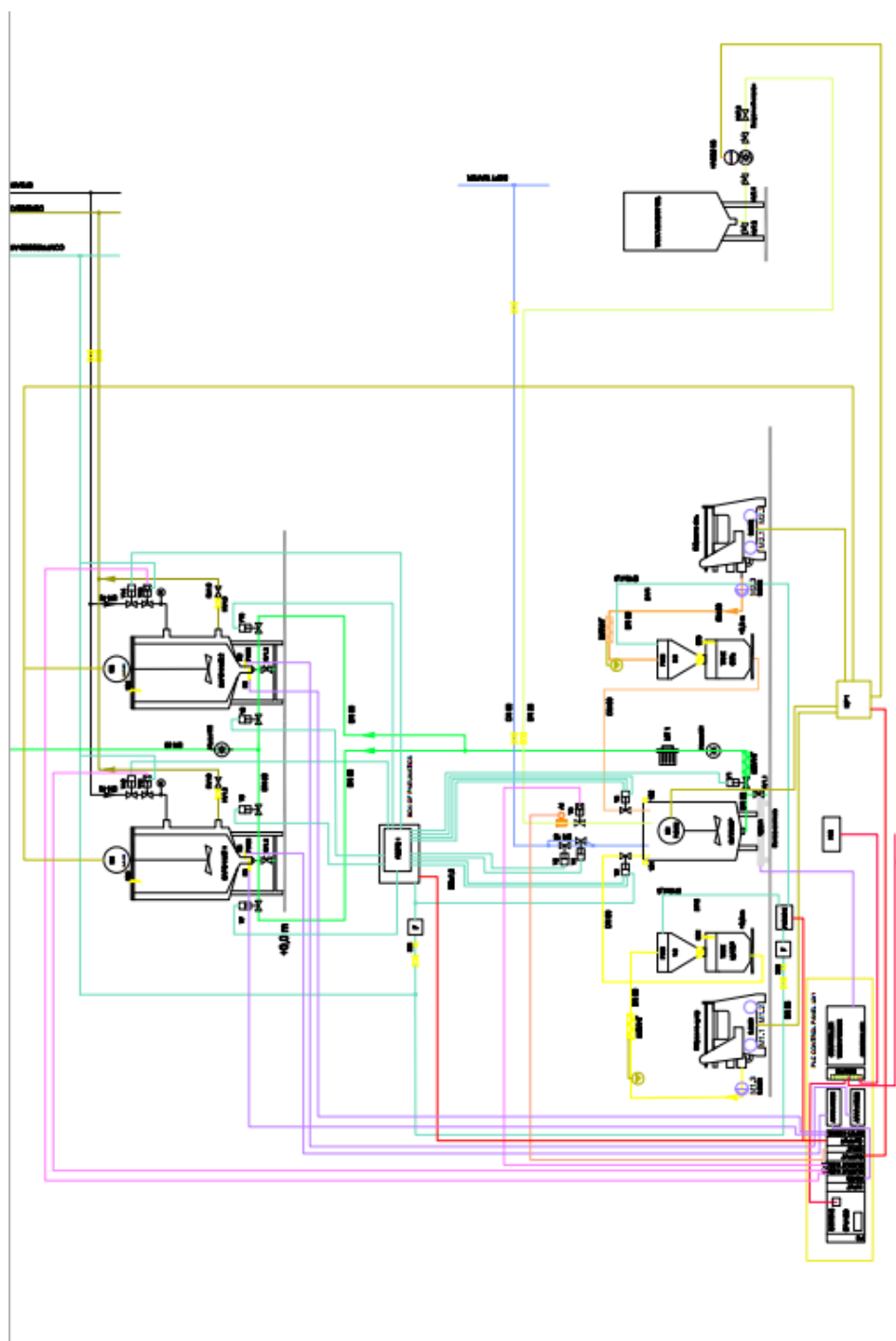


Рис. 1.13 – Схема функціональна процесу виготовлення соусів

1.3. Формулювання завдань, що вирішуються в кваліф. роботі

- дослідити виробництво харчових соусів як об'єкта контролю;
- вибрати контрольовані параметрів, підібрати технічні засоби і розробити на їх основі структуру КІВС контролю процесу виробництва харчових соусів;
- розробити алгоритм, структурну схему, функціональну схему, принципову схему КІВС;
- розробити метрологічне забезпечення КІВС шляхом моделювання метрологічних характеристик (похибок).

1.3. Висновки до розділу

У розділі проведено загальний огляд існуючих рішень з вимірювання параметрів виробництва харчових соусів та побудови інформаційно-вимірювальної системи, описано комп'ютеризовану інформаційно-вимірювальну систему для визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів як об'єкта вимірювання, сформульовано завдання, що вирішуються в кваліфікаційній роботі.

2. АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ТА РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

2.1. Фізичні принципи вимірювання і методи вимірювання параметрів виробництва харчових соусів

Проаналізувавши технологічний процес виготовлення соєвого соусу вибрано перелік вимірювальних величин: витрати, рівень, температура, вага.

Тензодатчики (тензометричні датчики) є основним первинними пристроєм перетворення фізичної величини ваги в нормований електричний сигнал. Сигнал з тензодатчика згодом обробляється вторинними перетворювачами (ваговий індикатор, вагопроцесор, аналого-цифровий перетворювач і т.д.).

Вагові тензодатчики (тензометричні датчики) - пристрій для вимірювання деформації різних конструкцій, заснований на визначенні зсуву (або переміщення) пружного елемента. Датчики зсуву можуть вимірювати як лінійний зсув (при поступальному русі), так і кут повороту (при обертанні). Існує безліч способів вимірювання деформацій відповідно до використовуваних принципів перетворення: тензорезистивних, оптико-поляризаційний, п'єзорезистивних, волоконно-оптичний, або простим зчитуванням показань з лінійки механічного тензодатчика. Серед електронних тензодатчиків, найбільшого поширення набули тензорезистивні датчики.

Існують різні типи датчиків залежно від сфери застосування:

- тензодатчики силувимірювальні (вимірює зусилля і навантаження)
- тензодатчики ваговимірювальні (вимірює вагу)
- тензодатчики тиску (вимірювання тиску в різних середовищах)

- акселерометри (датчики прискорення)
- тензодатчики переміщення
- тензодатчики крутного моменту

Найбільш типовим застосуванням тензодатчиків є ваги. В залежності від конструкції вантажоприймальної платформи застосовуються вагові тензодатчики різного типу:

- тензодатчики консольні (балочні тензодатчики);
- тензодатчики s-подібні;
- тензодатчики "шайба" (тензодатчики мембранного типу);
- тензодатчики "бочка" (тензодатчики колонного типу).

Конструкція. Тензодатчики (тензометричні датчики) представляють собою пружний елемент на якому зафіксован тензорезистор, під дією сили (вага вантажу) відбувається деформація пружного елемента разом з тензорезисторів. По зміні опору тензорезистора можна обчислити степеьдеформації, яка буде пропорційна силі, яка додається до конструкції.

Принцип вимірювання ваги за допомогою тензодатчиків заснований на зрівноважуванні маси вантажу, що зважується з пружною механічною силою тензодатчиків і подальшого перетворення цієї сили в електричний сигнал для наступної обробки.

Тензодатчики є найбільш вразливим компонентом ваговимірювальної системи. В процесі експлуатації на вагові тензодатчики впливають: агресивна навколишнє середу, ударні динамічні навантаження, електростатичне вплив (зварювання), вібрації і т.д. Тому в періоди технічного обслуговування, перед установкою в обладнання, а також в аварійних випадках, існує необхідність діагностики вагових тензодатчиків.

Витрата речовини – це кількість речовини, що проходить в одиницю часу по трубопроводу, каналу і т.п. Кількість і витрата речовини виражають в об'ємних або масових одиницях вимірювання. Об'ємними одиницями кількості звичайно служать літр (л) і кубічний метр (м³), а масовими – кілограм (кг) і тонна (т). Об'ємну кількість газу іноді для порівняння подають з наведеними до нормального стану – абсолютним тиском 101325 Па, температурою 20°C і відносною вологістю 0%. Найпоширенішими одиницями об'ємної витрати є л/год, м³/с і м³/год, а масової – кг/с, кг/год и т/год. Перехід від об'ємних одиниць витрати до масових і навпаки обчислюється за формулою

$$Q_m = Q_{об} \times \rho, \quad (3.9)$$

де Q_m – масова витрата речовини, кг/год; $Q_{об}$ – об'ємна витрата речовини, м³/год; ρ – густина речовини, кг/м³. Для зведення об'ємної витрати сухого газу $Q_{об}$ у робочому стані до витрати $Q'_{об}$ (м³/год) у нормальному стані є залежність

$$Q'_{об} = Q_{об} \times \frac{p \times T'}{p' \times T \times K}, \quad (3.10)$$

де p і p' – тиски газу в робочому і нормальному станах, Па; T і T' – температури газу в робочому і нормальному станах, К; K – коефіцієнт стиснення газу, що характеризує відхилення його властивостей від законів ідеального газу.

Прилади, що вимірюють витрату, називаються витратомірами. Залежно від виду вимірювальної речовини вони поділяються на витратоміри води, пари, газу та ін. Витратоміри бувають показуючими і самописними. Часто вони забезпечуються вбудованим рахунковим механізмом (інтегратором).

До приладів, що вимірюють кількість, відносять лічильники і ваги. За їх допомогою визначається кількість речовини, яка пройшла по тракту за відомий проміжок часу, для чого відраховують показання приладу на початку і в кінці періоду вимірювання і обчислюють різницю цих показань. Для визначення витрати і кількості рідини, газу, пари і сипучих тіл найчастіше застосовуються такі основні методи вимірювання: змінного перепаду тиску, швидкісне, об'ємне і вагове. В окремих випадках використовуються й інші методи вимірювання.

Метод змінного перепаду тиску, що має велике практичне значення, ґрунтується на зміні статичного тиску середовища, що проходить через штучно звужений перетин трубопроводу.

Швидкісний метод – на визначенні середньої швидкості руху потоку.

Об'ємний і ваговий методи – на визначенні об'єму і маси речовини.

Перевагами перших двох методів вимірювання є порівняльна простота і компактність вимірювальних приладів, а останніх двох - більш висока точність вимірювання. Відповідно до застосовуваних методів вимірювання витрати і кількості речовини вимірювальні прилади поділяються в основному на такі групи:

Контактні - Статичні:

1. Змінного перепаду тиску: діафрагми, сопла, сопла Вентурі, труби Вентурі.

2. Трубки Піто.

3. Щиткові.

4. Вихрові. - Динамічні:

1. Об'ємної дії: кулачкові (шестеренні), ротаційні, поршневі, мембранні.

2. Швидкісні: турбінні, крильчасті.

3. Ротаметри

4. Вібраційні

Безконтактні Швидкісні:

1. Теплові.

2. Індукційні.

3. З мітками.

4. Ультразвукові: часоімпульсні, частотно-імпульсні, доплерівські, фазові.

Рівнем називають висоту заповнення технологічного апарата робочим середовищем — рідиною або сипучим тілом. Рівень робочого середовища є технологічним параметром, інформація про нього необхідна для контролю режиму роботи технологічного апарата, а в ряді випадків для керування виробничим процесом і для проведення заходів щодо енергоаудиту. Шляхом вимірювання рівня можна одержувати інформацію про масу рідини в резервуарах. Подібна інформація широко використовується для керування виробничим процесом. Рівень вимірюють в одиницях довжини. Засоби вимірювання рівня називають рівнемірами. Розрізняють рівнеміри, які призначені для вимірювання рівня робочого середовища; вимірювання маси рідини в технологічному апараті; сигналізації граничних значень рівня робочого середовища — сигналізатори рівня. За діапазоном вимірювання розрізняють рівнеміри широкого (з межами вимірювання 0,5-20 м) і вузького діапазонів (межі вимірювання $(0 \dots \pm 100)$ мм або $(0 \dots \pm 450)$ мм). На даний час вимірювання рівня в багатьох галузях промисловості здійснюють різними за принципом дії рівнемірами, з яких дістали поширення візуальні, поплавкові, буйкові, гідростатичні, електричні, ультразвукові і радіоізотопні.

Поплавкові засоби вимірювання рівня

Серед існуючих різновидів рівнемірів поплавкові є найбільш простими. Дістали поширення поплачкові рівнеміри вузького і широкого діапазонів. Поплачкові рівнеміри вузького діапазону звичайно являють собою пристрій, який містить кульковий поплавок діаметром 80-200 мм, виконаний з нержавіючої сталі. Поплавок плаває на поверхні рідини і через штангу і спеціальне ущільнення з'єднується або зі стрілкою вимірювального приладу, або з перетворювачем 1 кутових переміщень в уніфікований електричний або пневматичний сигнал. Рівнеміри вузького діапазону випускаються двох типів: фланцеві і камерні, що відрізняються способом їх установлення на технологічних апаратах. Мінімальний діапазон вимірювання цих рівнемірів 0-10 мм, максимальний — 0-200 мм. Клас точності 1,5. Поплачкові рівнеміри широкого діапазону яляють собою поплавок 1, пов'язаний із противагою 4 гнучким тросом 2. У нижній частині противаги закріплена стрілка, що показує за шкалою 3 значення рівня рідини в ємності.

На рис. 2.1 зображено схеми поплавкових рівнемірів.

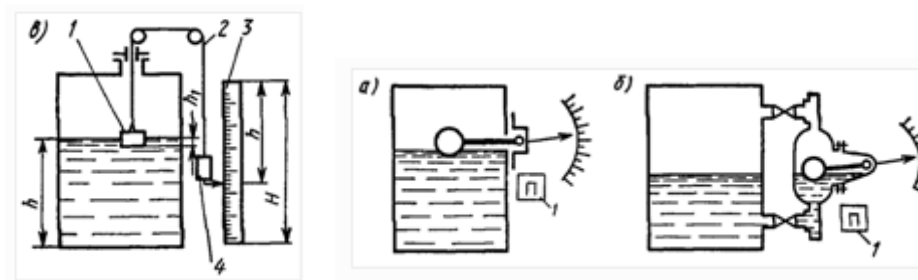


Рис. 2.1 - Схеми поплавкових рівнемірів

Гідростатичні засоби вимірювання рівня

Вимірювання рівня гідростатичними рівнемірами зводиться до вимірювання гідростатичного тиску P , Па, створюваного стовпом h рідини постійної густини ρ , відповідно до рівності:

$$P = \rho \cdot g \cdot h.$$

Вимірювання гідростатичного тиску здійснюється: - манометром, який підключають на висоті, що відповідає нижньому граничному значенню рівня; - диференціальним манометром, який підключають до резервуара на висоті, що відповідає нижньому граничному значенню рівня, і до газового простору над рідиною; - вимірюванням тиску газу (повітря), який прокачується по трубці, опущеної в рідину, що заповнює резервуар, на фіксовану глибину. На рис. наведена схема вимірювання рівня манометром. Застосовуваний для цих цілей манометр 1 може бути будь-якого типу з відповідними межами вимірювання, обумовленими залежністю. Вимірювання гідростатичного тиску манометром може бути здійснено і за схемою, наведеною на рис. Відповідно до даної схеми про значення вимірюваного рівня роблять висновок про тиск повітря, що заповнює манометричну систему.

На рис. 2.2 зображено схеми гідростатичних рівнемірів.

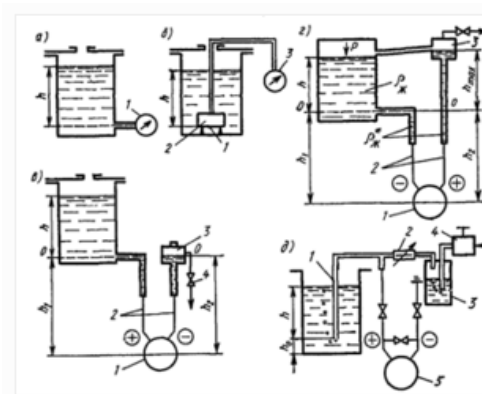


Рис. 2.2 - Вимірювання рівня гідростатичними рівнемірами

Електричні засоби вимірювання рівня

За видом чутливого елемента електричні засоби вимірювання рівня поділяють на ємнісні і кондуктометричні. Ємнісні рівнеміри. У рівнемірах цього типу використовується залежність електричної ємності чутливого елемента первинного вимірювального перетворювача від рівня рідини. Конструктивно ємнісні чутливі елементи виконують у вигляді коаксіально розміщених циліндричних електродів або паралельно розміщених плоских електродів. Конструкція ємнісного чутливого елемента з коаксіально розміщеними електродами визначається фізико-хімічними властивостями рідини. Для неелектропровідних (діелектричних) рідин — рідин, що мають питому електропровідність менше 10^{-6} См/м, застосовують рівнеміри, оснащені чутливим елементом, схеми якого наведені на Одиницею електропровідності в SI служить сименс (См) — величина, обернена до Ом). Чутливий елемент складається із двох коаксіально розміщених електродів 1 і 2, частково занурених у рідину. Електроди утворюють циліндричний конденсатор, міжелектродний простір якого до висоти h заповнено рідиною, а простір $H-h$ — парогазовою сумішшю. Для фіксування взаємного розміщення електродів передбачений ізолятор 3. У загальному вигляді електрична ємність, Φ , циліндричного конденсатора визначається рівнянням

$$C_{\Pi} = C_0 + \frac{2 \times \pi \times \varepsilon_0 \times H}{\ln\left(\frac{D}{d}\right)} \times \left[1 + (\varepsilon_{\text{ж}} - 1) \times \frac{h}{H} \right]$$

де ε - відносна діелектрична проникність міжелектродної речовини; ε_0 — діелектрична проникність вакууму; $\varepsilon_{\text{ж}}$ — діелектрична проникність рідини; C_0 — ємність прохідного ізолятора (величина постійна); H — висота електродів; D , d - діаметри відповідно зовнішнього і внутрішнього електродів.

Компенсаційний конденсатор 1 розміщується нижче ємнісного чутливого елемента 2 і повністю занурений у рідину. У певних випадках при сталості складу рідини його замінюють конденсатором постійної ємності.

Для вимірювання рівня електропровідних рідин — рідин з питомою провідністю більше 10^{-4} См/м - застосовують рівнеміри, оснащені ємнісним чутливим елементом, зображеним на рис. Чутливий елемент являє собою металевий електрод 1, покритий фторопластовою ізоляцією 2. Електрод частково занурений у рідину. Як другий електрод використовується або стінка резервуара, якщо вона металева, або спеціальний металевий електрод, якщо стінка резервуара виконана з діелектрика.

На рис. 2.3 зображено схеми електричних рівнемірів.

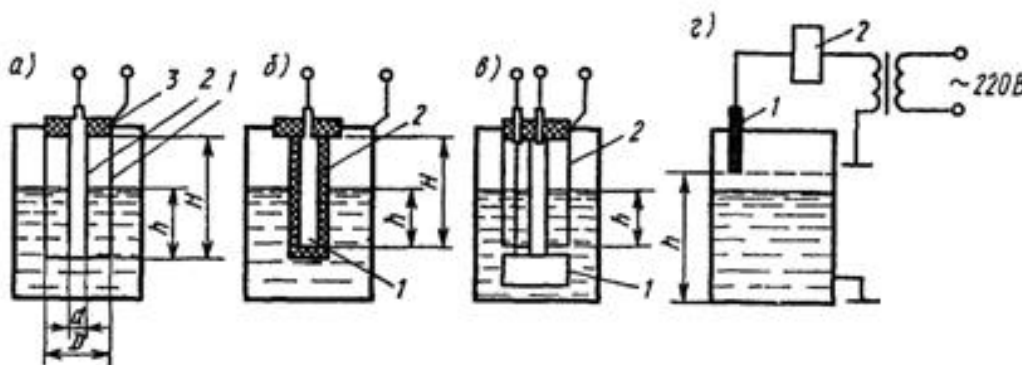


Рис. 2.3 - Схеми електричних рівнемірів

Акустичні засоби вимірювання рівня

На даний час запропоновані різні принципи побудови акустичних рівнемірів, з яких великого поширення дістав принцип локації. Відповідно до цього принципу вимірювання рівня здійснюють за часом проходження ультразвуковими коливаннями відстані від випромінювача до межі поділу двох середовищ і зворотно до приймача випромінювання. Локація межі поділу двох середовищ здійснюється або з боку газу, або з боку робочого середовища

(рідини або сипучого матеріалу). Рівнеміри, у яких локація межі поділу двох середовищ здійснюється через газ, називають акустичними, а рівнеміри з локацією межі поділу двох середовищ через прошарок робочого середовища — ультразвуковими. Перевагою акустичних рівнемірів є незалежність їх показань від фізико-хімічних властивостей і складу робочого середовища. Це дозволяє використовувати їх для вимірювання рівня неоднорідних, таких, що кристалізуються і випадають в осадок рідин. До недоліків необхідно віднести вплив на показання рівнемірів температури, тиску і складу газу. Як правило, акустичні рівнеміри являють собою поєднання первинного, проміжного, а у певних випадках і передавального вимірювального перетворювача. Тому акустичні рівнеміри слід розглядати як частину вимірювальної системи з акустичними вимірювальними перетворювачами. На рис. наведена схема акустичного рівнеміра рідких середовищ. Рівнемір складається з первинного I і проміжного II перетворювачів. Первинний перетворювач являє собою п'єзоелемент, що виконує одночасно функції джерела і приймача ультразвукових коливань. При вимірюванні генератор з певною частотою виробляє електричні імпульси, які перетворюються п'єзоелементом I в ультразвукові імпульси. Останні поширюються уздовж акустичного тракту, відбиваються від межі поділу рідина-газ і приймаються тим самим п'єзоелементом, що перетворює їх в електричні імпульси. Відстань між первинним і проміжним перетворювачами— не більше 25 м. Діапазони вимірювання рівня 0-3 м. Клас точності 2,5. Температура контрольованого середовища 10-50°C, тиск у технологічному апараті до 4 МПа. Акустичні рівнеміри сипучих середовищ за принципом дії і будовою аналогічні акустичним рівнемірам рідких середовищ.

Температурою називається ступінь нагріву речовини. Це ствердження про температуру засновано на теплообміні між двома тілами, що перебувають у тепловому контакті. Тіло, більше нагріте, що віддає тепло, має і більш високу температуру, ніж тіло, що сприймає тепло. За відсутності передачі тепла від одного тіла до іншого, тобто в стані теплової рівноваги, температури тіл рівні.

3.2.1 Методи вимірювання температури і види температурних шкал Виміряти температуру певного тіла безпосередньо, тобто так, як вимірюють інші фізичні величини, наприклад довжину, масу, об'єм або час, не є можливим, тому що в природі не існує еталона або зразка одиниці цієї величини [3]. Тому визначення температури речовини роблять за допомогою спостереження за зміною фізичних властивостей іншої, так званої термометричної речовини, яка зіткнулася з нагрітим тілом, вступає з ним через деякий час у теплову рівновагу. Такий метод вимірювання дає не абсолютне значення температури нагрітого середовища, а лише різницю щодо вихідної температури робочої речовини, умовно прийнятої за нуль. Внаслідок зміни при нагріванні внутрішньої енергії речовини практично всі фізичні властивості останнього більшою або меншою мірою залежать від температури, але для її вимірювання вибираються по можливості ті з них, які однозначно міняються зі зміною температури, не піддані впливу інших факторів і порівняно легко вимірюються. Цим вимогам найбільше повно відповідають такі властивості робочих речовин, як об'ємне розширення, зміна тиску в замкнутому об'ємі, зміна електричного опору, виникнення термоелектрорушійної сили та інтенсивність випромінювання, покладені в основу будови приладів для вимірювання температури. Зміна агрегатного стану хімічно чистої речовини (плавлення або затвердіння, кипіння або конденсація), як відомо, проходить при постійній температурі, значення

якої визначаються складом речовини, характером її агрегатної зміни і тиском. Значення цих відтворених температур рівноваги між твердою і рідкою або рідкою і газоподібною фазами різних речовин при нормальному атмосферному тиску, що дорівнює 101325 Па (760 мм рт. ст.), називаються реперними точками. Якщо взяти за основу інтервал температур між реперними точками плавлення льоду і кипіння води, позначивши їх відповідно 0 і 100, у межах цих температур виміряти об'ємне розширення певної робочої речовини, наприклад ртуті, що перебуває у вузькій циліндричній скляній посудині, і розділити на 100 рівних частин зміну висоти її стовпа, то в результаті буде побудована так звана температурна шкала. Для вимірювання температури, що лежить вище або нижче обраних значень реперних точок, отримані поділки наносять на шкалі і за межами відміток 0 і 100. Поділки температурної шкали називаються градусами. При побудові зазначеної температурної шкали була довільно взята пропорційна залежність об'ємного розширення ртуті від температури, що, однак, не відповідає дійсності, особливо при температурах вище 100 градусів. Тому за допомогою такої шкали можна точно виміряти температуру тільки у двох вихідних точках 0 і 100 градусів, тоді як результати вимірювання у всьому іншому діапазоні шкали будуть неточними. Те саме явище спостерігалось б і при побудові температурної шкали з використанням інших фізичних властивостей робочої речовини, таких, як зміна електричного опору провідника, збудження термоелектрорушійної сили і т.п. Користуючись другим законом термодинаміки, англійський фізик Кельвін у 1848 р. запропонував дуже точну і рівномірну, що не залежить від властивостей робочої речовини шкалу, яка отримала назву термодинамічної температурної шкали (шкали Кельвіна). Остання заснована на рівнянні термодинаміки для оборотного

процесу (циклу Карно). Термодинамічна температурна шкала починається з абсолютного нуля і у цей час є основною. Одиниці термодинамічної температури позначаються знаком К (кельвін), а умовне значення її буквою Т. На Генеральній конференції по мірах і вагах Міжнародний комітет мір і ваг прийняв нову практичну температурну шкалу 1968 р. (МПТШ-68), градуси якої позначаються знаком °С (градус Цельсія), а умовне значення температури – буквою t. Для цієї шкали градус Цельсія дорівнює градусу Кельвіна. Крім Міжнародної практичної температурної шкали, існує ще шкала Фаренгейта, запропонована у 1715 р. Шкала побудована шляхом поділу інтервалу між реперними точками плавлення льоду і кипіння води на 180 рівних частин (градусів), позначуваних знаком °Ф. За цією шкалою точка плавлення льоду дорівнює 32, а кипіння води 212°Ф. Для перерахування температури, вираженої в кельвінах або градусах Фаренгейта, у градуси Цельсія користуються рівнянням: $t^{\circ}\text{C} = T \text{ К} - 273,15 = 0,556 (n^{\circ}\text{Ф} - 32)$, (3.1) де $n^{\circ}\text{Ф}$ – число градусів за шкалою Фаренгейта.

3.2.2 Класифікація приладів для вимірювання температури Прилади для вимірювання температури поділяють залежно від використовуваних ними фізичних властивостей речовин на такі групи з діапазоном показань [3]: Термометри розширення (-190...+650°C) засновані на властивості тіл змінювати під дією температури свій об'єм. Манометричні термометри (-160...+200°C) працюють за принципом зміни тиску рідини, газу або пари з рідиною в замкнутому об'ємі при нагріванні або охолодженні цих речовин. Термометри опору (-200...+650°C) засновані на властивості металевих провідників змінювати залежно від нагрівання їх електричний опір. Термоелектричні термометри (-50...+1800°C) побудовані на властивості

різнорідних металів і сплавів утворювати в парі (спаї) термоелектрорушійну силу, що залежить від температури спаю. Пірометри ($-30 \dots +6000^{\circ}\text{C}$) працюють за принципом вимірювання випромінюваної нагрітими тілами енергії, що залежить від температури цих тіл. Термометри розширення. Фізична властивість тіл змінювати свій об'єм залежно від нагрівання широко використовується для вимірювання температури. На цьому принципі заснований пристрій рідинних скляних і дилатометричних термометрів, які з'явилися дуже давно і послужили для створення перших температурних шкал. У рідинних термометрах, побудованих на принципі теплового розширення рідини в скляному резервуарі, як робочі речовини використовуються ртуть і органічні рідини – етиловий спирт, толуол і ін. Найбільш широкого застосування дістали ртутні термометри, що мають у порівнянні з термометрами, заповненими органічними рідинами, істотні переваги: великий діапазон вимірювання температури, при якому ртуть залишається рідкою, незмочення скла ртуттю, можливість заповнення термометра хімічно чистою ртуттю через легкість її одержання та ін. При нормальному атмосферному тиску ртуть перебуває в рідкому стані при температурах від -39 (точка замерзання) до 357°C (точка кипіння) і середній температурний коефіцієнт об'ємного розширення $0,18 \cdot 10^{-3} \text{K}^{-1}$. Термометри з органічними рідинами здебільшого придатні лише для вимірювання низьких температур у межах до 100°C . Рідинні термометри, виготовлені зі скла, є місцевими показуючими приладами. Вони складаються з резервуара з рідиною, капілярної трубки, приєднаної до резервуара і закритої із протилежного кінця, шкали і захисної оболонки.

На рис. 2.4 зображено рідинні термометри.

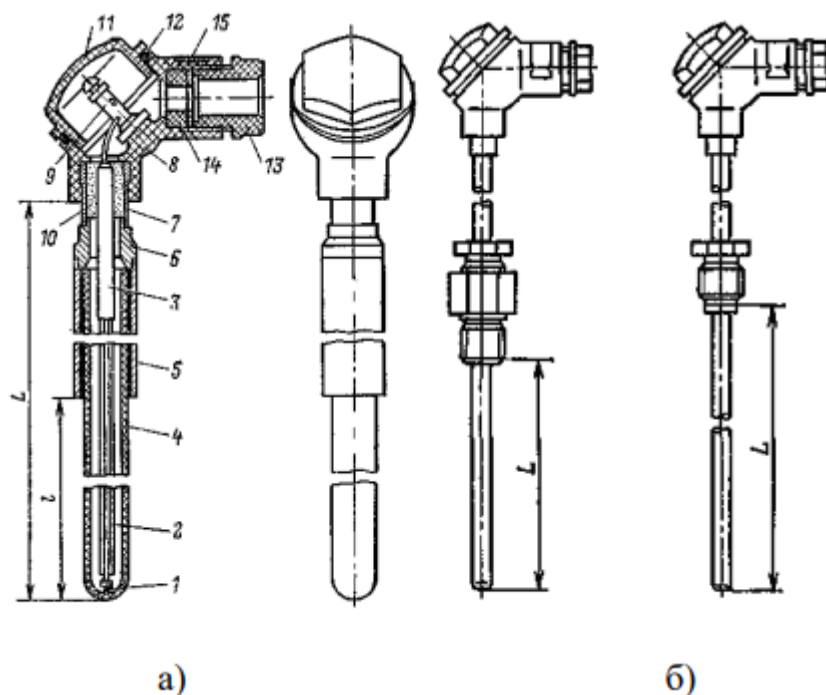


Рис. 2.4 - Рідинні термометри

1 - робочий кінець (спай); 2,3 - порцелянові трубки ; 4- захисний чохол;
5 - сталеву трубку; 6 - сталева втулка; 7 - захисний чохол; 8 – корпус; 9 –
затискач; 10 - термоелектроди; 11 - знімна кришка; 12 - прокладка; 13 –
штуцер; 14- ущільнення; 15 – металева табличка

Вимірювання тиску

Вимірювання тиску полягає у встановленні значення тиску у рідкому чи газоподібному середовищі. Це необхідно для керування технологічними процесами та забезпечення безпеки виробництва. Крім цього, цей параметр використовується при непрямих вимірюваннях інших технологічних параметрів: рівня, витрати, температури, густини тощо. В системі СІ за одиницю тиску береться паскаль (Па). У більшості випадків первинні

перетворювачі тиску мають неелектричний вихідний сигнал у вигляді сили або переміщення і об'єднані в один блок з вимірювальним приладом. Якщо результати вимірювань необхідно передавати на відстань, то застосовують проміжне перетворення цього неелектричного сигналу в уніфікований електричний або пневматичний. При цьому первинний і проміжний перетворювачі об'єднують в один вимірювальний перетворювач.

Види тиску

Розрізняють наступні основні види тиску: атмосферний, абсолютний, надлишковий і вакуум (розрідження).

- Атмосферний (барометричний) тиск (P_b) — тиск, створюваний масою повітряного стовпа земної атмосфери. Він має змінне значення, що залежить від висоти місцевості над рівнем моря, географічної широти і метеорологічних умов (погоди).
- Надлишковий тиск (P) — різниця між абсолютним і барометричним тисками.
- Абсолютний тиск (P_a) — тиск, відлічений від абсолютного нуля. За початок відліку абсолютного тиску приймають тиск усередині посудини, з якої повністю видалене повітря.

Абсолютний тиск P_a середовища може бути більше або менше атмосферного. У першому випадку абсолютний тиск дорівнює сумі атмосферного і надлишкового тисків: $P_a = P_b + P$ (1) У другому випадку абсолютний тиск менше атмосферного на величину вакуум метричного тиску, тобто $P_a = P_b - P$ (2)

- Вакуум (розрідження) (P_v)— різниця між барометричним і абсолютним тисками.

Класифікація приладів для вимірювання тиску

Засоби вимірювання тиску класифікують по виду вимірювального тиску і принципу дії. По виду вимірювального тиску засоби вимірювання підрозділяють на:

- манометри надлишкового тиску — для вимірювання надлишкового тиску;
- манометри абсолютного тиску — для вимірювання тиску, відліченого від абсолютного нуля;
- барометри — для вимірювання атмосферного тиску. Барометри розділяються на ртутні і мембранні;
- вакуумметри — для вимірювання вакууму (розрідження);
- мановакуумметри — для вимірювання надлишкового тиску і вакууму (розрідження).

Крім перелічених засобів вимірювання у практиці вимірювання одержали поширення:

- напороміри — манометри рисих надлишкових тисків (до 40 кПа);
- тягоміри — вакуумметри з верхньою межею вимірювання не більше — 40 кПа;
- тягонапороміри — мановакуумметри з діапазоном вимірювання +20...-20 кПа;
- вакуумметри залишкового тиску — вакуумметри, призначені для вимірювання глибокого вакууму або залишкового тиску, тобто абсолютних тисків менш 200 Па;
- диференційні манометри — прилади вимірювання різниці тисків.

За принципом дії засоби вимірювання тиску підрозділяють на: рідинні, поршневі, деформаційні (пружинні), іонізаційні, теплові, електричні. Така кваліфікація не є вичерпною і може бути доповнена засобами вимірювання, заснованими на інших фізичних явищах.

2.2. Структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи

На рис. 2.5 зображена структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення та контролю параметрів виготовлення харчових соусів.

Вимірювання та контроль параметрів процесу виготовлення харчових соусів відбувається за допомогою датчиків температури, рівня, тиску, витратоміра, вагів. Функцією датчиків є вимірювання контрольованих параметрів, які обробляються через контролер та відображаються на панелі оператора. Датчики рівня призначені для вимірювання рівня в ємностях варіння, датчики температури вимірюють температуру продукту через пару в сорочці резервуара, витратомір вимірює витрати дозування оцту, ваговий модуль вимірює вагу готової продукції.



Рис. 2.5 – Структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення та контролю параметрів виготовлення харчових соусів

2.3. Висновки до 2 розділу

В даному розділі розглянуто фізичні принципи вимірювання і методи вимірювання параметрів виробництва харчових соусів, розроблено структурну схему комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи, математичну модель вимірювального каналу.

3. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Особливістю технологічного процесу виробництва соусів є переведення у функціональний стан речовин, що приймають участь в утворення і стабілізації емульсії. Тобто, переведення у розчинний стан в присутності за $t = 80 \pm 2^\circ\text{C}$. Одержання соусу здійснюється шляхом $(45 \dots 50) \text{ Ч60}$ с та подрібнення за температури $80 \pm 2^\circ\text{C}$. Технічні засоби вибрані з врахуванням таких умов експлуатації.

3.1. Ваговий модуль SIWAREX WP321

SIWAREX WP321 – ваговий модуль (1 канал) для підключення тензодатчиків /характеристика (1-4 MV/V) для SIMATIC ET200SP, для BU-TYPE A0, інтерфейс RS485- для SIWATOOL або У SIWATOOL.

Ваговий модуль та тензодатчики призначені для зважування готового продукту.

Технічні характеристики вагового модуля наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики

Номінальна напруга	24 V DC
Статичні низькі/високі межі	19.2 V DC/ 28.8 V DC
Динамічні низькі/високі межі	18.5 V DC/ 30.2 V DC
Неперіодичні перенапруги	35 V DC протягом 500 мс з часом відновлення 50 с
Максимальний струм споживання	100 мА з 24 V DC
Типова споживана потужність модуля	2 W

Живлення від шини SIMATIC S7	
Споживана потужність від SIMATIC S7	20 мА
Підключення інтерфейсу аналогового тензодатчика	
Межа похибки до DIN1319-1 при 20 °C +10 К	$\leq 0.05\% \text{ v.F.}$
Точність відповідно до OIML R76 (без схвалення для вимірювання, що потребують перевірки)	
Клас	III і IV
Роздільна здатність	3000d
Відсоток помилки	0.4
Крок напруги	$0.5 \mu\text{V/e}$
Стан точності доставки	typ. 0.1% v.E.
Частота дискретизації	100/120/600 Гц (в залежності від параметризації)
Роздільна здатність вхідного сигналу	± 2000000 (для комірок з 4 мВ/В)
Діапазон вимірювання	$\pm 4 \text{ mV/V}$
Діапазон синфазних напруг	0.25 to 4.75 V
Захист від короткого замикання та перевантаження	Так
Підключення	6-пров.
Контроль напруги датчика	$\leq 4 \text{ V}$

На рис. 3.1 зображено габаритні розміри тензодатчика.

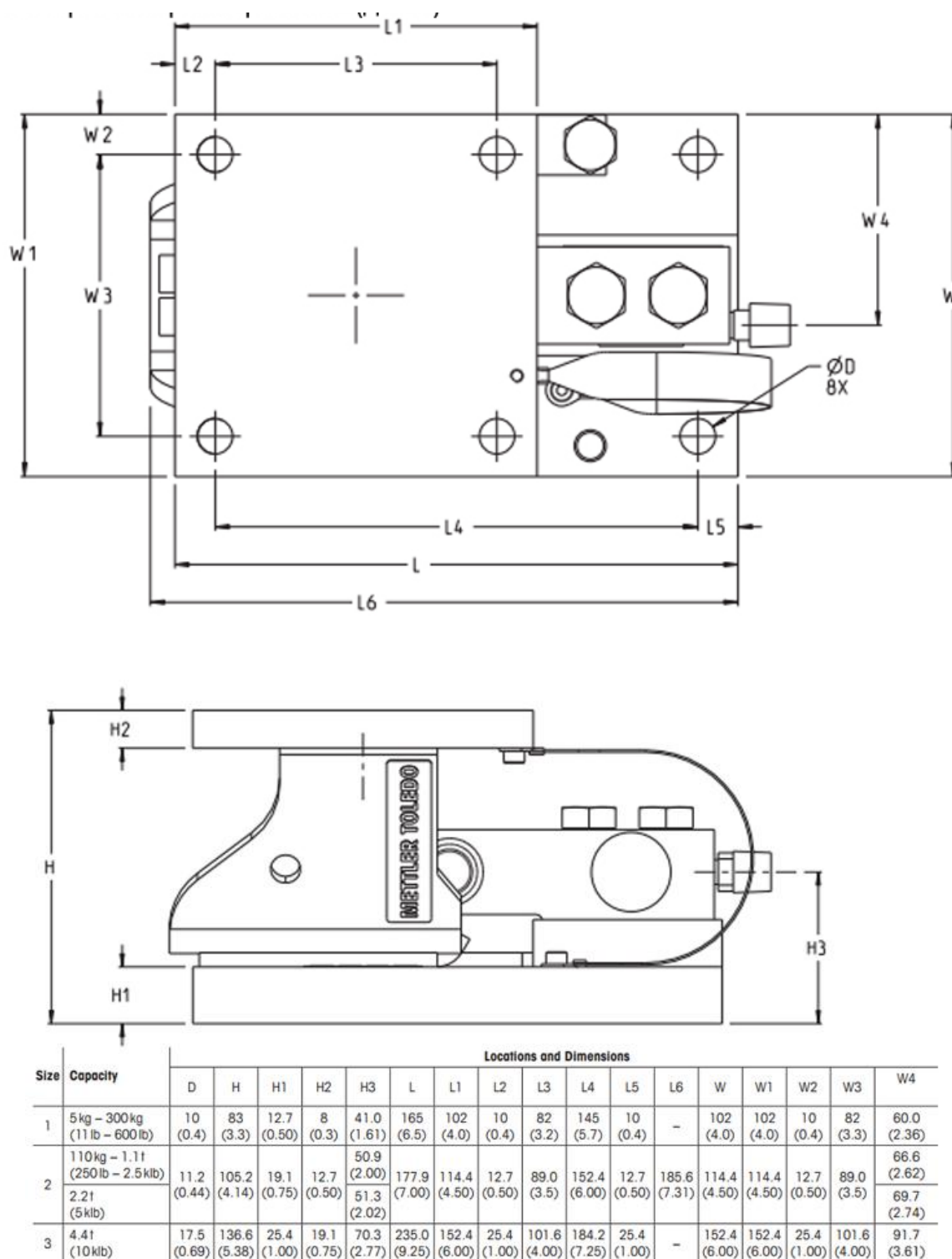


Рис. 3.1 – Габаритні розміри тензодатчика

3.2. SITRANS FM MAG 1100 F Повнопрохідний електромагнітний датчик потоку

Санітарна конструкція, діаметр від DN 10 до DN 100 (3/8" до 4"). Підходить для вимірювання об'ємної витрати рідин (провідний), для застосування в F&B, фармацевтичній промисловості. . DN25, 1 дюйм, зварні з'єднувальні фітинги: DIN11850 PFA (без ATEX). На рис. 3.2 зображено габаритні розміри витратоміра.

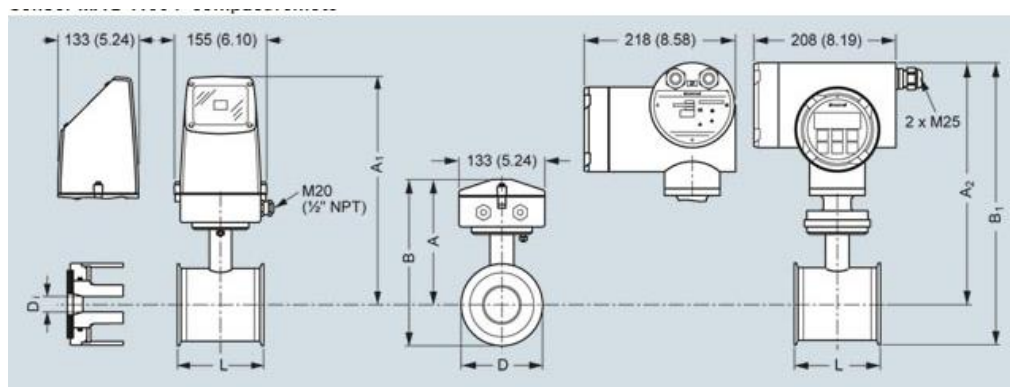


Рис. 3.2 – Габаритні розміри витратоміра SITRANS FM MAG 1100 F

Електромагнітний датчик SITRANS FM MAG 1100 F призначений для застосування в харчовій промисловості та виробництві напоїв.

Переваги:

- Розміри датчика: від DN 10 до DN 100 (від 3/8" до 4");
- Корпус з нержавіючої сталі AISI 316;
- Датчик: гігієнічне підключення, допуск 3A;
- Сантехнічний дизайн для CIP/SIP очищення;
- Легке введення в експлуатацію, блок SENSORPROM автоматично оновлює налаштування;
- Ступінь захисту шланга IP67/NEMA 6;
- Розроблено, щоб можна було проводити запатентовану перевірку на

місці. Використання відбитків пальців СЕНСОПРОМ.

Основні сфери застосування електромагнітних датчиків SITRANS FM можна знайти в наступних областях:

- Харчова промисловість;
- Індустрія напоїв;
- Фармацевтична промисловість.

Дизайн:

- Унікальна механічна конструкція з широким діапазоном санітарних з'єднань, визначених замовником;
- Можливе компактне або дистанційне встановлення. Просте змінення поля «plug & play»;
- Просте оновлення на місці до клемної коробки IP68/NEMA 6P;
- Версія ATEX 2G D для небезпечних зон (керамічна підкладка).

Принцип вимірювання потоку заснований на законі електромагнітної індукції Фарадея, згідно з яким датчик перетворює потік в електричну напругу, пропорційну швидкості потоку.

Інтеграція: Повний витратомір складається з датчика та відповідного передавача SITRANS FM MAG 5000, 6000 та 6000 I. Гнучка комунікаційна концепція USM II спрощує інтеграцію та оновлення різноманітних систем польової шини, таких як PROFIBUS DP та PA, Modbus RTU/RS 485, HART, FOUNDATION Fieldbus H1, DeviceNet.

На рис. 3.3 зображений графік тиску/температури.

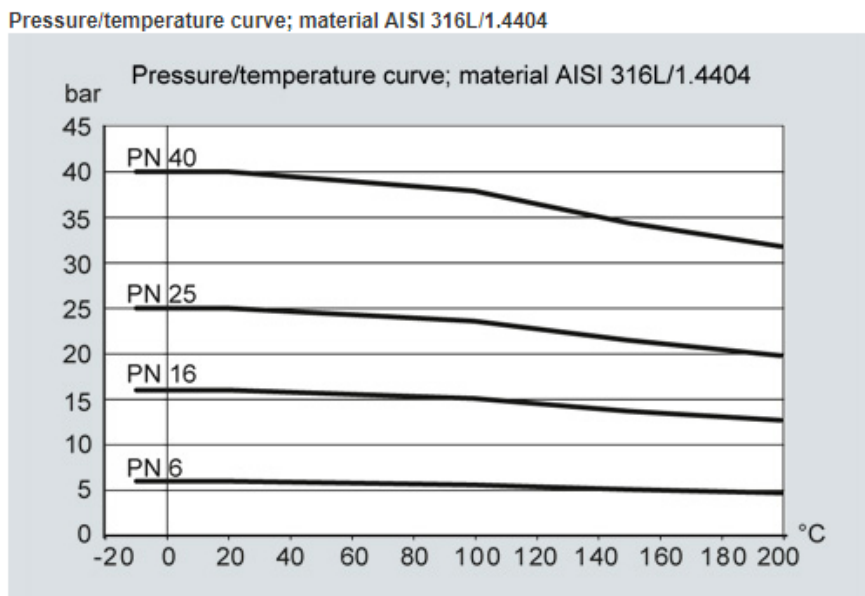


Рис. 3.3 - графік тиску/температури.

Технічні характеристики витратоміра:

Принцип вимірювання: Електромагнітна індукція

Частота збудження (живлення від мережі: 50 Гц/60 Гц)

DN 10 ... 65 (1/4" ... 2 1/2"): 12,5 Гц/15 Гц

DN 80 ... 100 (3", 4"): 6,25 Гц/7,5 Гц

Номінальний розмір

DN 10 ... 100 (3/8" ... 4")

Пряме зварювання на трубу

Затискний фітинг

Різьбовий штуцер

Номінальні умови експлуатації

Умови навколишнього середовища

Температура навколишнього середовища

датчик

-40 ... +100 °C (-40 ... +212 °F)

Ех датчик

-20 ... +60 °C (-4 ... +140 °F)

Компактний з передавачем MAG 5000/6000

-20 ... +60 °C (-4 ... +140 °F)

Компактний з передавачем MAG 6000 I 1)

-20 ... +60 °C (-4 ... +140 °F)

Компактний з передавачем MAG 6000 I Ех 1)

-10 ... +60 °C (14 ... 140 °F)

Температура середовища

MAG 1100 F (кераміка)

-20 ... +150 °C (-4 ... +302 °F)

Підходить для парової стерилізації

MAG 1100 F (PFA)

-30 ... +130 °C (-22 ... +266 °F)

Підходить для стерилізації парою при 150 °C (302 °F)

Температурний шок

MAG 1100 F

Тривалість ≤ 1 хв, потім 10 хв відпочинку

DN 10, 15, 25: Макс. $\Delta T \leq 80$ °C/хв

(3/8", 1/2", 1": макс. $\Delta T \leq 144$ °F/хв.)

DN 40, 50, 65: Макс. $\Delta T \leq 70$ °C/хв

(1 1/2", 2", 2 1/2": макс. $\Delta T \leq 126$ °F/хв)

DN 80, 100: Макс. $\Delta T \leq 60$ °C/хв

(3", 4": макс. $\Delta T \leq 108$ °F/хв)

MAG 1100 F (PFA)

Макс. $\pm 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($212\text{ }^{\circ}\text{F}$) на мить

Робочий тиск

MAG 1100 F (кераміка)

DN 10 ... 65: 40 бар ($3/8''$... $2\frac{1}{2}''$: 580 psi)

DN 80: 25 бар ($3''$: 363 psi)

DN 100: 25 бар ($4''$: 363 psi)

Вакуум: 1×10^{-6} барабів ($1,5 \times 10^{-5}$ psiabs)

MAG 1100 F (PFA)

20 бар (290 psi)

Вакуум: 0,02 бараб ($0,3$ фунт/кв. дюйм)

DN 80 ... DN 100: тиск CO_2 макс. 7 бар (101,5 psi)

Механічне навантаження (вібрація)

18 ... 1000 Гц випадково в напрямках x, y, z протягом 2 годин відповідно до EN 60068-2-36

Сенсор: 3,17 г RMS

Датчик із встановленим компактним трансмітером MAG 5000/6000: 3,17 гр

Датчик із компактним трансмітером MAG 6000 I/MAG 6000 I Ex: 1,14 гр

Для компактного встановлення з MAG 6000 I/MAG 6000 I Ex передавач має підтримуватися, щоб уникнути напруги на частині датчика.

Рейтинг корпусу

IP67 відповідно до EN 60529 (NEMA 6), 1 мН₂O протягом 30 хв.

ЕМС

2014/30/ЄС

Нержавіюча сталь AISI 316/1.4436

Ex ATEX (лише дистанційна версія)

Нержавіюча сталь AISI 316/1.4436

Лайнер

MAG 1100 F (кераміка)

Оксид алюмінію Al₂O₃ (кераміка)

MAG 1100 F (PFA)

Посилений PFA (тефлон) (не для Ex)

Електроди

MAG 1100 F (кераміка)

Платина з золотом/титановим припоєм

MAG 1100 F (PFA)

DN 10 ... 15 (3/8" ... 1/2"): Hastelloy C276/2.4819

DN 25 ... 100 (1" ... 4"): Hastelloy C22/2.4602

Кабельні вводи

Дистанційна установка 2 x M20 або 2 x 1/2" NPT

Компактний монтаж

MAG 5000/MAG 6000: 4 x M20 або 4 x 1/2" NPT

MAG 6000 I: 2 x M25 (для живлення/виходу)

MAG 6000I Ex: 2 x M25 (для живлення/виходу)

Сертифікати та допуски

Калібрування

Калібрування за замовчуванням

Нульова точка, 2 x 25 %, 2 x 90 %

Небезпечні зони

MAG 1100 F (кераміка)

Ex-сенсор у компактній або дистанційній версії з MAG 6000 I Ex

ATEX, EAC Ex

Зона 1 Ex d e ia IIB T6 Gb

ATEX

Зона 21 Ex tD A21 IP67

Стандартний датчик у компактній або дистанційній версії з MAG MAG
5000/6000/6000 I Ex

FM

NI клас I Div. 2 групи A, B, C, D

MAG 1100 F (PFA)

Стандартний датчик у компактній або дистанційній версії з MAG MAG
5000/6000/6000 I Ex

FM

NI клас I Div. 2 групи A, B, C, D

Гігієнічний

MAG 1100 F (кераміка)

ЗА (дистанційна версія з клемною коробкою з поліаміду)

MAG 1100 F (PFA)

ЗА (дистанційна версія з клемною коробкою з поліаміду)

Гігієнічний EC 1935:2004 Європейський матеріал, що контактує з
харчовими продуктами

Обладнання під тиском

PED - 2014/68/ЄС

3.3. Регулятор температури AR660/S2/P/P/RS485/WA/P

Призначення:

- Регулювання та контроль температури та інших фізичних параметрів

(вологості, тиск, рівень, швидкість тощо);

- перетворений на стандартний сигнал електричний ($0/4\div 20\text{mA}$, $0\div 10\text{V}$, $0\div 60\text{mV}$, $0\div 2.5\text{k}\Omega$);
- 1 універсальний вимірювальний вхід (термостиль, термопара та аналоговий) з мінімальною та максимальною пам'яттю виміряного значення та функції ;
- дистанційне відображення даних (по протоколу MODBUS-RTU);
- програмований цифровий вхід для зміни режиму роботи контролера:
- старт/стоп регулювання;
- ручний/автоматичний режим для виходів;
- ступенева зміна значень встановлене значення (день/ніч);
- блокування клавіатури, зупинка дисплея;
- дисплей (функція HOLD) 2 або 3 виходи ON/OFF з такими характеристиками;
 - вихід 1 (основний): ON-OFF з гістерезисом, PID, автонастроювання PID;
 - вихід 2, 3 (допоміжний/аварійний): ON-OFF з гістерезисом;
- аналоговий вихід $0/4\div 20\text{mA}$ або $0/2\div 10\text{V}$ (постійно-регулюючий, ретрансляційний);
- розширена функція вибору параметрів ПІД з елементами нечіткої логіки;
- ручний режим (розімкнутий контур керування) доступний для бінарних виходів і аналоговий, що дозволяє задавати вихідний сигнал в діапазоні $0\div 100\%$;
- Світлодіодне цифрове зчитування з програмованою яскравістю;
- вбудоване джерело живлення 24 В постійного струму для живлення

польових передавачів;

- Послідовний інтерфейс RS485, гальванічно розв'язаний, протокол MODBUS-RTU;
- компенсація опору лінії для датчиків опору;
- температурна компенсація холодних кінців термопари;
- тип програмованого входу, діапазон індикації (для аналогових входів), опції регулювання, тривоги, відображення, доступ та інші параметри конфігурації, доступ до параметрів конфігурації захищений паролем користувача;
- спосіб налаштування параметрів: з фольгованої клавіатури, розташованої на передній панелі пристрою.

На рис. 3.4 зображено зовнішній вигляд терморегулятора. З показчика температури Араг AR660 по порту RS485 йде передача даних температури по протоколу зв'язку MODBUS RTU.



Рис. 3.4 – Зовнішній вигляд терморегулятора

3.4. Датчик рівня ємнісний CA30CLN12MV10M

Ємнісний датчик у корпусі з термопластичного поліестеру M30 для кріплення 2 гайками. Доступні з регульованою відстанню сприйняття та з/без вбудованої затримки часу (затримка увімкнення або вимкнення). Релейний

вихід забезпечує пряме керування навантаженням. Чудово підходить для використання в сільськогосподарському секторі (виявлення зерна, рідин тощо). використання в сільськогосподарському секторі (виявлення зерна, рідин тощо). секторі (виявлення зерна, рідин тощо). використання в сільськогосподарському секторі (виявлення зерна, рідин тощо).

На рис. 3.5 зображені габаритні розміри ємнісного датчика рівня.

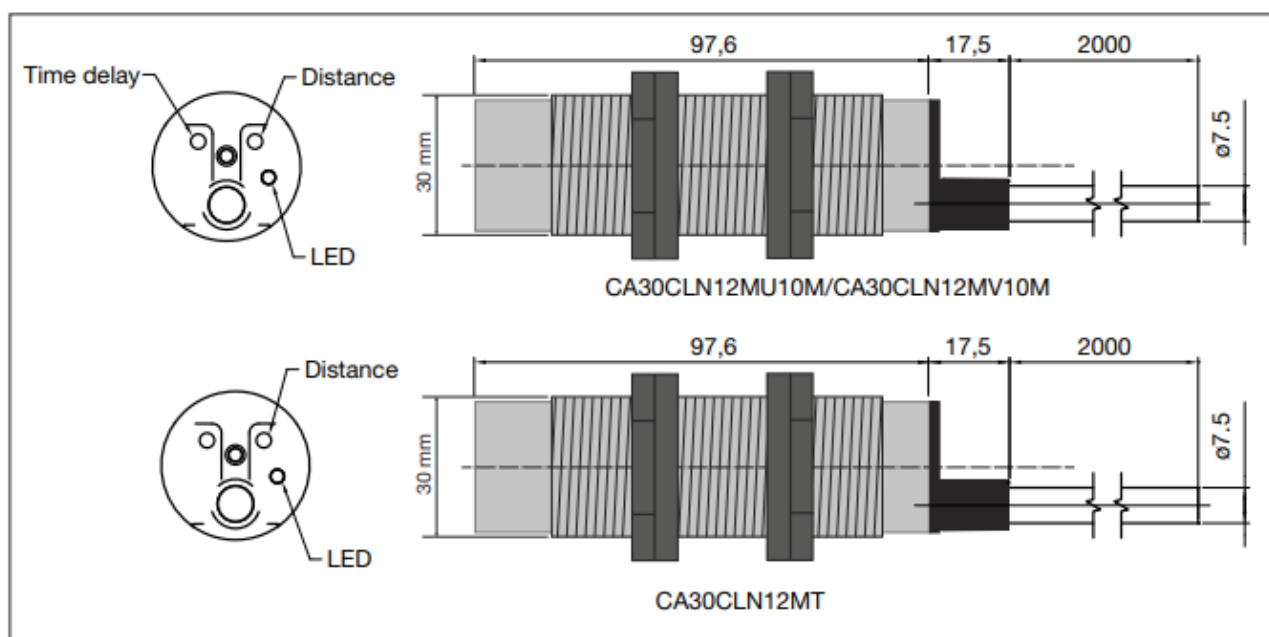


Рис. 3.5 – Габаритні розміри датчика рівня ємнісного

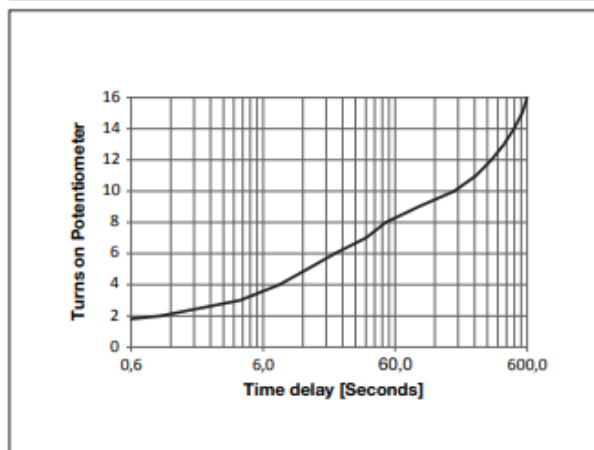
Технічні характеристики:

- Датчик рівня твердої, рідкої або гранульованої речовини;
- Регульована відстань чутливості: 4-12 мм;
- Напруга живлення: від 20,4 до 255 В змінного/постійного струму;
- SPDT релейний вихід;
- Час затримки при спрацюванні або відпусканні;
- номінальна робоча відстань (Sn) До 12 мм;

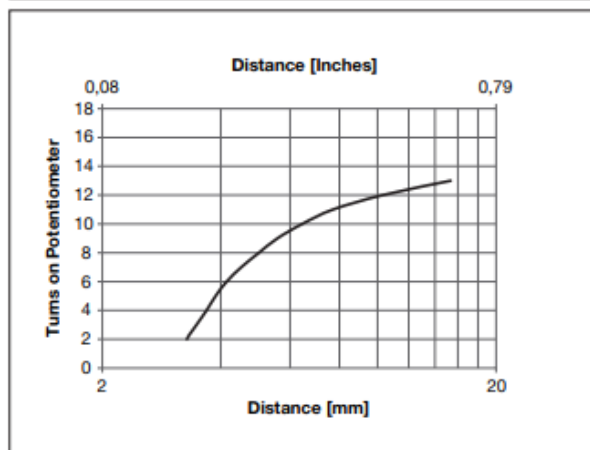
- референтна мішень 30 x 30 мм;
- товщина ST37,1 мм, ґрунтована;
- відстань чутливості 4-12 мм, регульована;
- заводська установка на 7 мм;
- регулювання відстані датчика Multiturn, 15 обертів кроки налаштування;
- температурний дрейф $0,8 \times Sr \leq Su \leq 1,2 \times Sr$;
- гістерезис (H) від 3 до 20%;
- номінальна робоча напруга. (UB) від 20,4 до 255 В змінного/постійного струму
(включно пульсації);
- номінальна частота живлення від 47 до 63 Гц;
- номінальна робоча потужність від 0,5 до 2,5 ВА;
- вихід 2 А Реле SPDT 240 VAC;
- механічний ресурс зазвичай становить 15×10^6 операцій;
- робоча частота $(f) \leq 1$ Гц;
- час реакції ВІМК.-УВІМК. $(t_{ON}) \leq 500$ мс;
- затримка увімкнення $(t_v) \leq 200$ мс;
- вихідна функція реле SPDT;
- функція перемикання виходу Н.О. та Н.К;
- індикація дихід ON Жовтий світлодіод;
- затримка на спрацьовування, налаштування CA30CLN12MU10M;
1 сек. - 10 хв.
- затримка на випуск, регулювання CA30CLN12MV10M 1 сек. - 10 хв.

На рис. 3.6 зображено графік затримки, відстані, виявлення та підключення датчика.

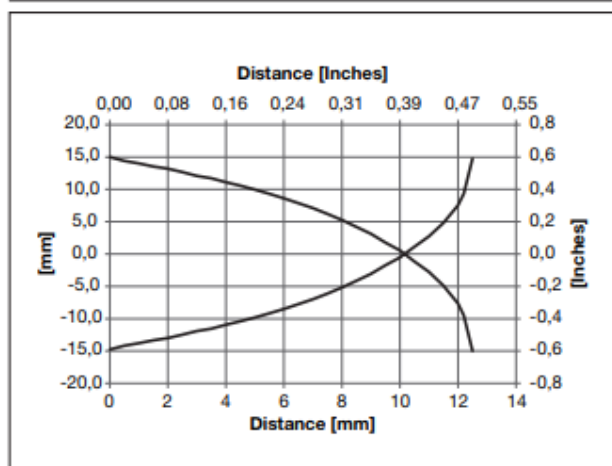
Trimmer VS Delaytime



Trimmer VS Distance



Detection Diagram



Wiring Diagram

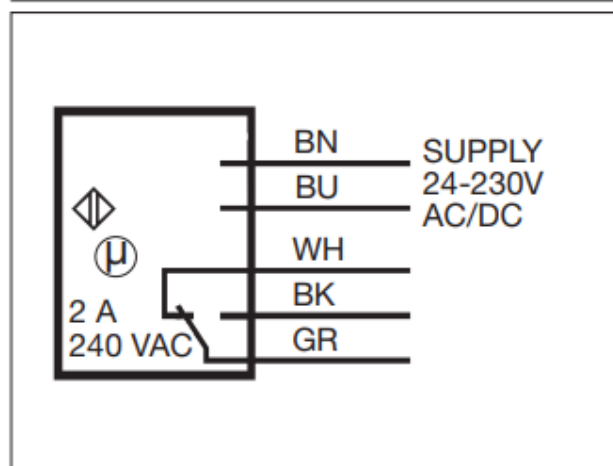


Рис. 3.6 – Графік затримки, відстані, виявлення та підключення

3.5. Індуктивний датчик положення SIEN-M18B-PS-K-L-P5

Технічні характеристики:

Номінальна робоча відстань 5 мм

Гарантована робоча відстань 4,05 мм

Коефіцієнти зниження Алюміній = 0,4 Нержавіюча сталь St 18/8 = 0,8 Мідь
= 0,4 Латунь = 0,5 Сталь St 37 = 1,0

Температура навколишнього середовища -25 °C ... 70 °C

Точність повторення 0,25 мм

Комутаційний вихід PNP

Функція перемикаючого елемента Н/О контакт

Гістерезис 0,55 мм

Макс. частота перемикання 2000 Гц

Макс. вихідний струм 200 мА

Падіння напруги 2 В

Номінальний струм короткого замикання Імпульсний

Діапазон робочої напруги DC 10 В ... 30 В

Залишкова пульсація +/- 20 %

Струм живлення холостого ходу 10 мА

Захист від неправильної полярності Для всіх електричних з'єднань

Електричне підключення 3-жильний кабель

Довжина кабелю 2,5 м

Матеріал оболонки кабелю TPE-U(PUR)

Розмір M18x1

Тип кріплення за допомогою контргайки

Момент затягування 20 Нм

Тип монтажу Втоплений

Вага виробу 108 г

Матеріал корпусу: латунь РВТР, нікельований

Індикація стану перемикання Жовтий світлодіод

Температура навколишнього середовища при рухомому кабелі -5 °C ... 70

°C

Ступінь захисту IP67

Відповідність LABS (PWIS) VDMA24364-B2-L

Ступінь забруднення 3

Додаткова інформація для вибору датчика зі стандартною відстанню сприйняття

Електричний вихідPNP

Вибір конструкції датчика Стандарт

На рис. 3.7 зображено зовнішній вигляд датчика положення та схема підключення.

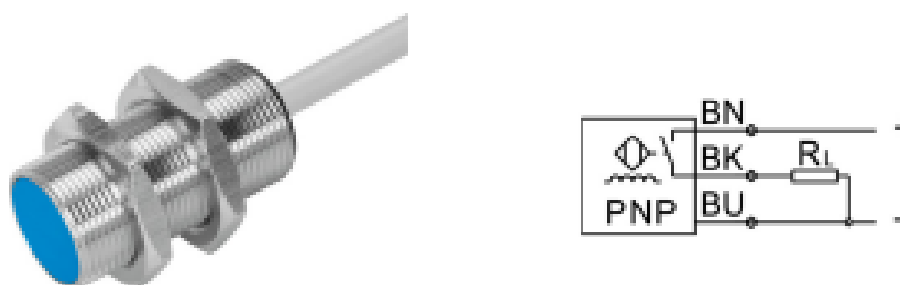


Рис. 3.7 – Зовнішній вигляд індуктивного датчика положення та схема підключення

3.6. SIMATIC S7-1500, центральний процесор CPU 1513-1 PN:

Для керування процесом виготовлення соєвого соусу вибрано центральний процесор CPU 1513-1 PN Siemens.

Робоча пам'ять 300 кБ для програм і 1,5 МБ для даних, 1 інтерфейс - PROFINET IRT з 2х-портовим комутатором, продуктивність 40 нс на бітову операцію, необхідна карта пам'яті SIMATIC MC.

На рис. 3.8 зображено зовнішній вигляд центрального процесора CPU 1513-1 PN.



Рис. 3.8 – Зовнішній вигляд центрального процесора CPU 1513-1 PN

Загальна інформація:

- Позначення типу продукту ЦП 1513-1 ПН;
- Функціональний стандарт HW FS03;
- Версія мікропрограмного забезпечення V2.9.

Функція продукту:

- Дані для ідентифікації та техобслуговування Да; I&M0 - I&M3;
- Режим тактової синхронізації Так; Децентралізовано і централізовано;

мінімальне число ОВ: 6х за цикл довжиною 500 мкс (децентралізовано) і 1 мс (централізовано);

Інженерне забезпечення з допомогою:

- STEP 7 TIA-портал, інтегроване середовище, версія не нижче V17 (МПО V2.9) починаючи з V15 (МПО V2.5); з більш ранніми версіями TIA-портал проектується як 6ES7513-1AL01-0AB0;

- Управління конфігураціями через набір даних Так;

- Дисплей - діагональ екрану [см] 3,45 см;
- Елементи управління - число клавіш 8;
- Кнопки робочих режимів 2;
- Напруга живлення -номінальне значення (пост. ток) 24 В;
- Допустимий діапазон, нижня межа (пост. ток) 19,2 В;
- Допустимий діапазон, верхня межа (пост. ток) 28,8 В;
- Захист від переплутування полярності Так;
- Перемикання при відмові мережевого живлення та відключенні напруги;
- Час перемикання при відмові мережевого живлення і відключенні напруги
5 мс;
- Мін. частота повторення імпульсів 1/с;
- Вхідний струм - потреба струму (номінальна) 0,7 А;
- Макс. струм 0,95 А;
- Макс. струм включення 1,9 А;
- Потужність живлення шини на задній стінці 10 Вт;
- Потрібна потужність шини на задній стінці (збалансована) 5,5 Вт;
- Нормальна розсіювана потужність 5,7 Вт;
- Число гнізд для карти пам'яті SIMATIC 1;
- Потрібна карта пам'яті SIMATIC Так;
- Оперативний пристрій;
- вбудований (для програм) 300 kbyte;
- вбудований (для даних) 1,5 Mbyte;
- Пам'ять завантаження - вставна картка пам'яті SIMATIC, макс. 32 Gbyte;

- не вимагає обслуговування Так;
- нормальний час операцій побітової обробки 40 ns;
- нормальний час операцій зі словами 48 ns;
- нормальний час виконання операцій арифметики зфіксованою точкою 64 ns;
- нормальний час виконання операцій з плаваючою точкою 256 ns;
- Кількість елементів (всього): 4000; Блоки (OB, FB, FC, DB) та UDTs.

3.7. SIMATIC ET 200SP, інтерфейсний модуль IM155-6PN ST для мережі PROFINet

Для управління процесом виготовлення соєвого соусу вибрано інтерфейсний модуль IM155-6PN ST. Макс. 32 модулі периферії та 16 модулів ET 200SP, одиночна гаряча заміна, серверний модуль (6ES7193-6PA00-0AA0) у комплекті. До модуля по шині під'єднуються 13 дискретних та аналогових модулів введення, виведення, ваговий модуль та модуль комунікації RS-485. На рис. 3.9 зображено зовнішній вигляд інтерфейсного модуля IM155-6PN ST.



Рис. 3.9 - Інтерфейсний модуль IM155-6PN ST

Загальна інформація:

- Позначення типу продукту IM 155-6 PN ST;
- Функціональний стандарт HW Не нижче FS03;
- Версія мікропрограмного забезпечення V4.2;
- Можливе оновлення мікропрограмного забезпечення Так.

Функція продукту:

- Дані для ідентифікації та технічного обслуговування Так; I&M0 - I&M3;
- Заміна модуля під час роботи (гаряча заміна) Так; Одноразова гаряча заміна;
- Режим тактової синхронізації Ні.

Інженерне забезпечення за допомогою:

- STEP 7 TIA-Portal, проєктоване/інтегроване;
- середовище, версія не нижче V14;
- STEP 7 проєктоване/інтегроване середовище;
- версія не нижче V5.5 SP4;
- PROFINET, версія не нижче GSD/GSD-Revision GSDML V2.35;
- Управління конфігурацією за допомогою набору даних Так;
- Напруга живлення уомінальне значення (пост. Струм) 24 V;
- Допустимий діапазон, нижня межа (пост. струм) 19,2 V;
- Допустимий діапазон, верхня межа (пост. струм) 28,8 V;
- Захист від переплутування полярності Так;
- Захист від короткого замикання Так;
- Перемикання при відмові живлення та відключення напруги;
- Час перемикання при відмові живлення та відключення напруги 10 мс;
- Споживання струму (номінальне) 450 mA;
- Макс. споживання струму 550 mA;
- Макс. струм увімкнення 3,7 A;
- Нормальна розсіювана потужність 1,9 W;
- Макс. адресний простір модуль 256 byte; соотв. для вхідних та вихідних змінних;
- Макс. адресний простір на станцію 512 byte.

3.8. SIMATIC TP1200 COMFORT, панель оператора серії комфорт.

Для візуалізації та керування процесом виготовлення соєвого соусу вибрано панель оператора SIMATIC TP1200 COMFORT.

Технічні характеристики:

- WINDOWS CE 6.0;
- 12-дюймовий широкоекранний TFT-дисплей;
- 12 МБ користувальної пам'яті;
- живлення 24 V DC;
- горизонтальне розширення 1280 пікселів;
- вертикальне розширення 800 пікселів;
- СНО фонові підсвітки (при 25 °C) 80 000 h;
- Ширина дисплея 262,1 мм;
- Висота дисплея 163,2 мм.

На рис. 3.10 зображений зовнішній вигляд панелі оператора. На панелі оператора відображається візуалізація технологічної схеми управління, меню налаштування, керування купажером, ємностями варіння та віброситом, задання рецептів та дозування.



Рис. 3.10— Зовнішній вигляд панель оператора НМІ

3.9. Частотний перетворювач SINAMICS G120C

Для керування насосами, мішалками та віброситом підібрано частотний перетворювач SINAMICS G120C. Зовнішній вигляд частотного перетворювача зображено на рис. 3.11.

Частотний перетворювач – це спеціалізоване електротехнічне обладнання, яке призначене для регулювання частоти змінної різниці потенціалів електричного струму. Принцип роботи обладнання цього типу заснований на зміні швидкості руху магнітного поля щодо частоти напруги живлення. За допомогою частотного перетворювача можна змінювати швидкість обертання двигунів, час розгону та час зупинки, реверсивний пуск.



Рис. 3.11 – Зовнішній вигляд частотного перетворювача SINAMICS G120C

Технічні характеристики:

- Номінальна потужність 0,55KW з 150% перевантажуванням протягом 3 сек 3AC380-480V + 10 / -20% 47-63 Гц ;
- Вбудований фільтр КЛАС A1 / O;

- інтерфейс: 6DI, 2DO, 1ai, 1aO захист FIRE US: PROFIBUS- DP захист: IP20 / UL.

3.10 Розробка принципової схеми

Схема електрична принципова зпроектована за допомогою програми EPLAN Electric P8. EPLAN Electric P8 – світовий стандарт програмного забезпечення для електротехнічного проектування. Робота в EPLAN супроводжується використанням принципу постійної економії тимчасових та матеріальних витрат завдяки усуненню введення даних, що повторюються, автоматичному отриманню необхідних звітів та максимальної гнучкості методів проектування та конструювання.

EPLAN Electric P8 автоматично генерує докладні звіти як складову частину проектної документації – або у процесі проектування, або після завершення проекту, залежно від потреби. Після цього колеги отримують повний комплект необхідної інформації від проектантів: від комплексного планування до виробництва, введення в експлуатацію, технічного обслуговування та ремонту.

Технологія макросів можна зберегти до 26 варіантів схеми або системи для кожного типу подання. З 12 різними типами вистави у вас під рукою 312 можливих варіантів. Технологія drag-&-drop спрощує розміщення макросів, а програма запам'ятовує вихідне положення.

Технологія розміщення - управління необмеженою кількістю наборів даних для своїх макросів та вибір потрібного набору даних у процесі інженерного проектування.

Автоз'єднання дозволяють миттєво логічно з'єднувати символи схеми один з одним, що прискорює розробку схем і підвищує якість схем, що створюються.

Редагування даних — функції редагування масових даних, такі як «Пошук та заміна» та «Редагування в Excel», прискорюють проектування та водночас підвищують якість малювання принципів схем та діаграм.

Підтримка міжнародних стандартів - EPLAN Electric P8 підтримує глобальні стандарти, такі як IEC, NFPA, ГОСТ та китайський GB з відповідними основними даними та зразками проектів. Завдяки наскрізній функції Unicode програма генерує електричні схеми та принципові схеми різними мовами на основі ваших баз даних перекладів.

Інтерфейс прикладного програмування (API) EPLAN – середовище розробки EPLAN API відкриває двері для індивідуального подальшого розвитку EPLAN Electric P8, EPLAN Fluid, EPLAN Preplanning та EPLAN Pro Panel. Середовище розробки пропонує ефективну можливість реалізувати власні необхідні функціональні можливості або автоматичні функції. Завдяки цьому індивідуальному налаштуванню в ядрі EPLAN можна оптимізувати свій інженерний робочий процес. На етапі виробництва продукти EPLAN можуть бути повністю інтегровані у індивідуальний робочий процес за допомогою ліцензій API Runtime. Таким чином використання загального рішення полегшується для всіх учасників. Час обробки, помилки планування та час навчання може бути скорочено. Користувачі інших програм можуть використовувати функції та дані EPLAN без необхідності залишати своє початкове робоче середовище. Таким чином, результати стають доступнішими швидше та економічнішими.

При розробці принципової електричної схеми вибрано блок живлення Weidmuller 24 V PRO ECO 240W 24V 10A, блок безперебійного живлення SIEMENS Input: =24B/6,85A, Output: =24B/6A, батарею 24V/7AH SIEMENS. На

рис. 3.12 наведено схему підключення блока живлення, блоку безперебійного живлення та батареї.

На рис. 3.13 наведено реле безпеки PILZ ємності варіння 1 та 2. При спрацюванні датчика положення кришки ємності варіння зупиняться все обладнання ємності варіння. На рис. 3.14 наведено схему підключення головного процесора та інтерфейсного модуля управління процесом виготовлення соєвого соусу. На рис. 3.15 наведено схему підключення пульта керування віброситом цукру та солі. На рис. 3.16 наведено схему підключення тензодатчиків до вагового модуля. На рис. 3.17 показано схему підключення датчиків рівня продукту варочних котлів. На рис. 3.18 показано схему підключення витратоміра. На рис. 3.19 наведено схему підключення датчиків температури до терморегулятора. На рис. 3.20 показано підключення датчиків рівня ємнісних цукру та солі. На рис. 3.21 показано схему підключення датчиків положення індуктивних. На рис. 3.22 показано схему підключення частотного перетворювача. На рис. 3.23 показано компанування шафи управління процесом виготовлення соєвого соусу. Рисунки принципової схеми наведені в додатках.

В шафу управління виробництвом харчових соусів ШУ1 входить блок живлення G1, блок безперебійного живлення UPS1, батарея BAT1, центральний процесор 2A1, інтепфейсний модуль та модуля введення, виведення 1A1-1A14, комутатор мережі Ethernet UES1, UES2, реле безпеки KS1-KS6, регулятори темпкратури APAR1, APAR2, клеми підключення датчиків, пультів управління.

3.11. Висновки до 3 розділу

У розділі було підібрано та описано технічні характеристики засобів вимірювання параметрів виробництва харчових соусів та розроблено схему електричну принципову

4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО -АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ХАРЧОВИХ СОУСІВ

4.1. Розробка алгоритму роботи комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів

Для запуску процесу повинен бути створений рецепт і програма повинна виконуватись в такій послідовності (таблиця 4.1):

Таблиця 4.1

Параметри роботи обладнання

ПАРАМЕТРИ	ЗНАЧЕННЯ	ОБЛАДНАННЯ
Дозування води (грубо/точно) <u>вагова система</u>	Кг.	Клапан Y4/Y5/
Дозування оцту (<u>витратомір</u>), вагова система перевіряє чи правильно задозовано в межах похибки і дає дозвіл на наступний крок.	Кг.	Клапан Y6/ Витратомір A1/M4
Перемішування	Так/ні	Міксер M1, M1.1
Швидкість перемішування для автоматичного режиму	Rpm	M1 M1.1 постійна швидкість.
Швидкість перемішування для ручного режиму	Rpm	M1
Дозування цукру	Кг.	Клапан Y2
Дозування солі	Кг.	Клапан Y3

Перемішування (зупинка після закінчення дозування солі + виставлений час перемішування)	Так/ні	Міксер M1, M1.1
Час перемішування	Хвилини	M1, M1.1
Швидкість перемішування для автоматичного режиму	Rpm	M1
Швидкість перемішування для ручного режиму	Rpm	M1
Перемішування (старт при відкритті кришки для засипання сої)	Так/ні	Міксер M1, M1.1
Час перемішування	Хвилини	M1, M1.1
Дозування сої	Кг.	Ручне засипання/підняття кришки міксера
Дозування інших (1-4) компонентів , запрограмувати додаткові кроки для декількох компонентів.		Ручне засипання/підняття кришки міксера
Перемішування (зупинка після закінчення дозування всіх компонентів + виставлений час перемішування)	Так/ні	Міксер M1, M1.1
Час перемішування	Хвилини	M1, M1.1
Швидкість перемішування для автоматичного режиму	Rpm	M1
Швидкість перемішування для ручного режиму	Rpm	M1

На рис. 4.1 наведено алгоритм послідовності процесу виробництва соєвого соусу.

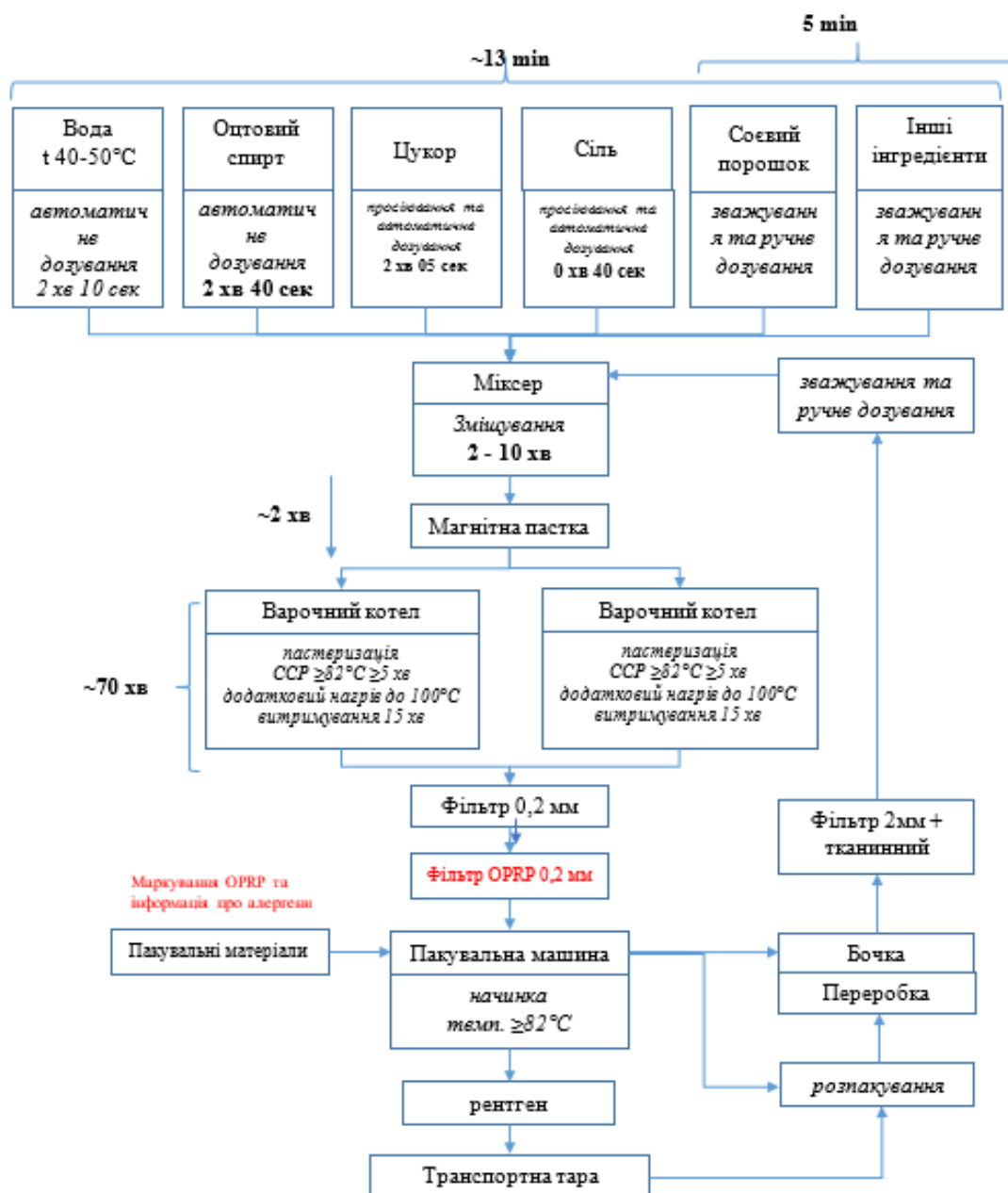


Рис. 4.1 – Алгоритм виготовлення соєвого соусу

Одна варка при виготовленні формату 500мл розфасовуватиметься **81 хвилину** (згідно стандарту).

Отже, на пастеризацію разом з додатковим нагріванням та двома витримками повинно витратитися не більше 80хв; згідно наших замірів на пастеризацію одного замісу (800кг) іде не більше 25 хв, в першому наближенні на пастеризацію 1600кг буде витратитися $25 \times 2 = 50$ хв + 2 витримки 5 та 15 хв, **загалом 70хв**.

Купажування + перемішування + перекачуванням – максимум 25 хв, на одну варку потрібно 2 купажі, отже купажування максимум **50хв**.

На рис. 4.2 наведена візуалізація процесу виготовлення соєвого соусу на панелі оператора.

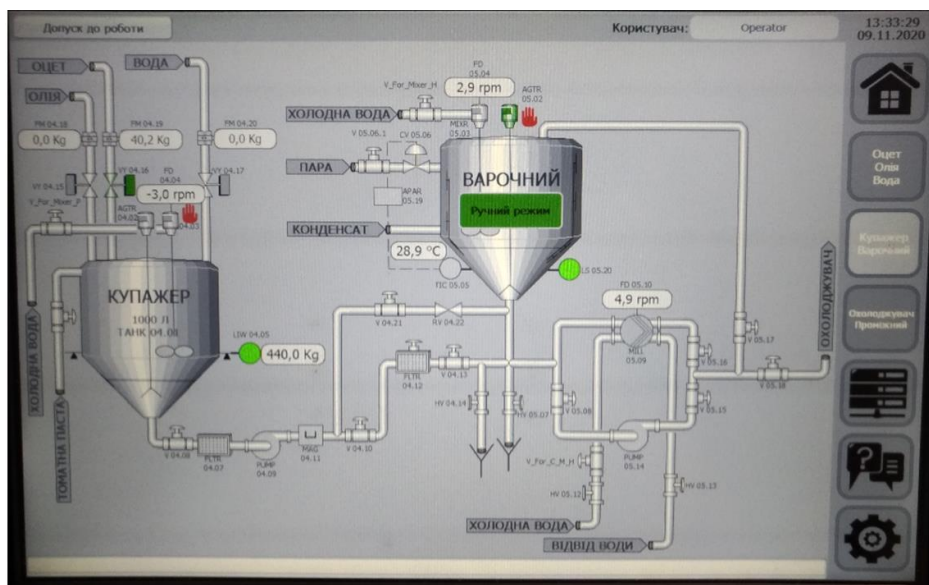


Рис. 4.2 – Візуалізація панелі оператора

На рис. 4.3 показано алгоритм роботи КІВС виробництва соєвого соусу.
На рис. 4.4 показано алгоритм технологічного процесу пастеризації.

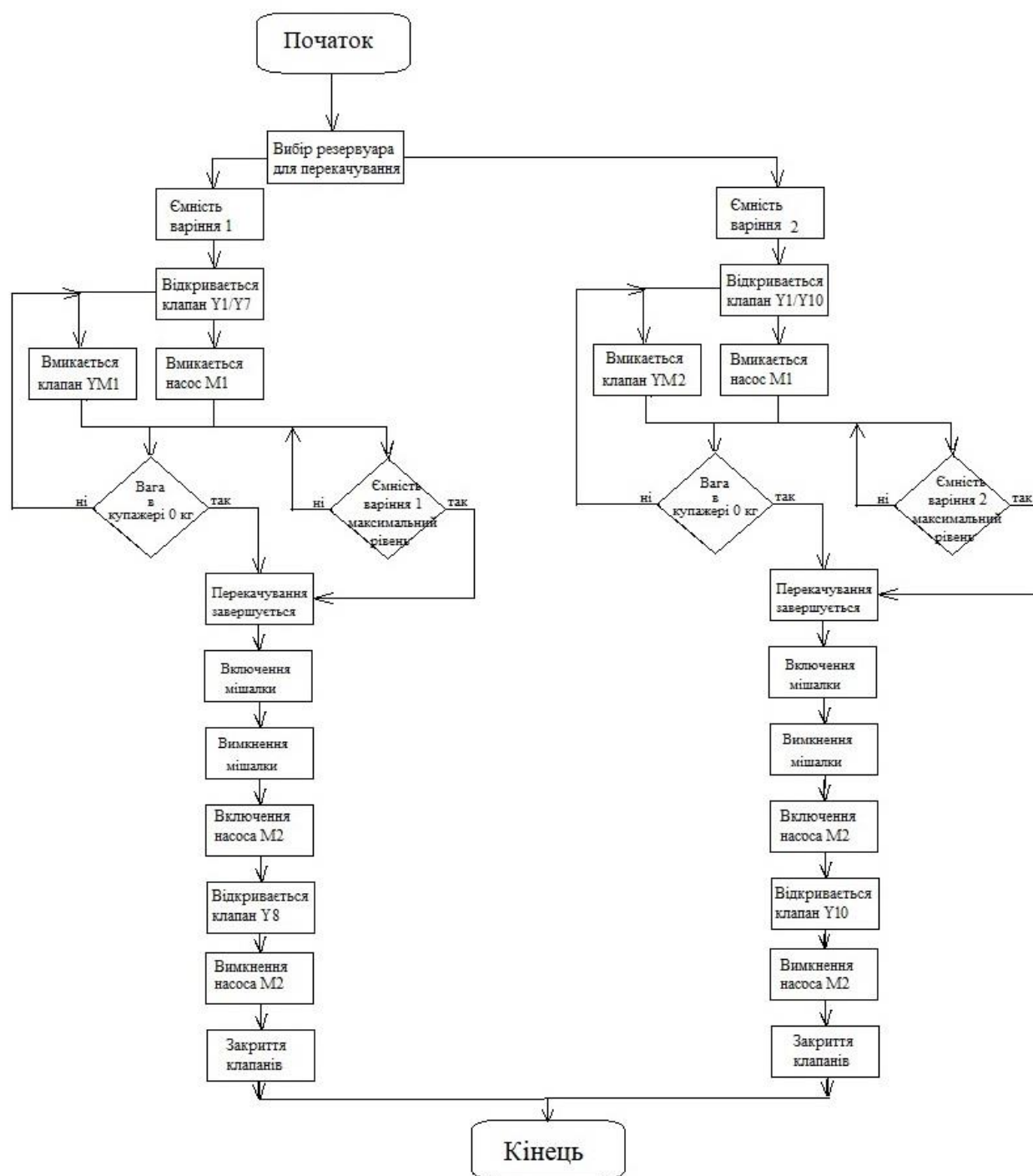


Рис. 4.3 – Алгоритм роботи KIBC виробництва соєвого соусу

4.2. Розрахунок метрологічних характеристик (похибок) комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи

4.2.1. Розрахунок похибки каналу вимірювання температури.

Структурна схема вимірювального каналу показана на рис. 4.5.

Вихідними даними для розрахунку є граничні значення похибок елементів ВК:

- а) термоперетворювача опору: $\Delta_{TCM} = \pm(0,05 + 0,0035 \cdot t) \text{ } ^\circ\text{C}$;
- б) вимірювального перетворювача: $\Delta_{dTRANS_R} = \pm 0,3 \text{ Ом}$;
- в) модуля аналогового введення: $\gamma = \pm 0,05\%$.

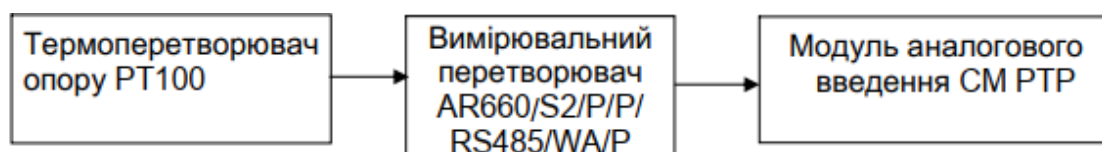


Рис. 4.5 – Структурна схема каналу вимірювання температури

Межі основної абсолютної похибки ВК температури:

$$\Delta_{BK_осн} = \Delta_{TCM} + \Delta_{dTRANS} + \Delta_K.$$

Похибка первинного вимірювального перетворювача:

$$\Delta_{\Delta_{TCM}} = \pm(0,05 + 0,0035 \cdot t) \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Похибку вторинного перетворювача AR660 необхідно перевести в одиниці вимірів температури. Для цього визначимо відносну похибку вимірів опору δ_R :

$$\delta_R = \frac{\Delta_{dTRANS_R}}{X_{НОМ}} \times 100, \%$$

де за $X_{ном}$ приймають значення фізичної величини, що відповідає 100% діапазону вимірів ($X_{ном} = X_v - X_n$).

4.1.1 Визначимо опір, що відповідає нижній межі діапазону вимірів температури (мінус 50 °C):

$$R_t = W_t \cdot R_0.$$

Для термоперетворювача опору типу ТСМ з НСХ перетворення 50М опір при температурі 0 °C:

$$R_0 = 50 \text{ Ом.}$$

Значення відношення опорів W_t при температурі мінус 50 °C і плюс 50 °C до опору при 0 °C визначають для номінального значення відношення опорів $W_{100} = 1,4280$ (нормовано в Описі типу ТСМ 50М) з таблиці А.3 Додатку А ДСТУ 2858-94:

$$W_{50^\circ} = 0,7845; W_{50^\circ\text{C}} = 1,2139.$$

Тоді:

$$R_{t(-50^\circ\text{C})} = 0,7845 \times 50 = 39,225 \text{ Ом;}$$

$$R_{t(50^\circ\text{C})} = 1,2139 \times 50 = 60,695 \text{ Ом}$$

Відносна похибка вимірів опору

$$\delta_R = \frac{0,3}{60,695 - 39,225} \times 100 = 1,40\%$$

Відносна похибка вимірів опору

$$\delta_R = \frac{0,3}{60,695 - 39,225} \times 100 = 1,40\%$$

Абсолютна похибка вторинного перетворювача AR660 в одиницях виміру температури:

$$\Delta_{dTRANS} = \Delta_{dTRANS_T} = \frac{\delta_R}{100} \times (T_{max} - T_{min}) = \frac{1,40}{100} \times 100 = 1,40^{\circ}\text{C}$$

4.1.2 Похибку модуля аналогового введення контролера СМ РТР 6ES7137- 6AA00-0BA0 необхідно перевести в абсолютну форму похибки вимірів температури:

$$\Delta_K = \frac{\gamma}{100} \times (T_{max} - T_{min}) = \frac{0,05}{100} \times 100 = 0,05^{\circ}\text{C}.$$

4.1.3 Похибка ВК температури:

$$\Delta_{BK_осн} = 0,25 + 0,0035 \times t + 0,05 = \pm(0,3 + 0,0035t)^{\circ}\text{C}$$

4.4.9 Визначимо похибку ВК в робочих умовах. Для термоперетворювача опорів РТ100 і для перетворювача вимірювального багатофункціонального AR660 додаткова похибка не нормована. Для модуля СМ РТР 6ES7137-6AA00-0BA0 контролера ЕТ 200SP нормовані межі похибки в робочих умовах (від 0 до 40 °C):

$$\gamma_{p.y.} = \pm 0,3 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}.$$

Похибку модуля аналогового введення контролера ЕТ 200SP необхідно перевести в абсолютну форму похибки вимірів температури:

$$\Delta_{K_{p.y.}} = \frac{\gamma_{p.y.}}{100} \times (T_{max} - T_{min}) = \frac{0,3}{100} \times 100 = 0,3^{\circ}\text{C}$$

Обчислюємо похибку ВК температури в робочих умовах:

$$\Delta_{BK_p.y.} = 0,25 + 0,0035 t + 0,3 = (0,55 + 0,0035 t)^{\circ}\text{C}.$$

Приклад розрахунку похибки каналу вимірювання ваги

4.5.1 Структурна схема вимірювального каналу показана на рис. 4.6.

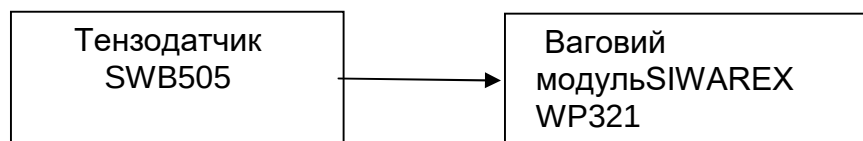


Рис. 4.6 – Структурна схема каналу вимірювання ваги

4.5.2 Вихідні дані для розрахунку: а) для перетворювача тиску серії 40 мод. 4385:

1) діапазон вимірів тиску від 5 до 300 кг; а вимірів опору граничне значення похибок

$$\delta_{\text{пт}} = \pm 0,05\%;$$

2) робочі умови експлуатації від мінус 40 до 60 °С;

3) температурний коефіцієнт похибки $\pm 0,1\% / 10\text{ }^{\circ}\text{C}$;

4) додаткова похибка, викликана зміною напруги живлення на кожні 10 В, $\pm 0,1\% / 10\text{ В}$.

б) для модуля SIWAREX WP321:

1) граничне значення похибок $\gamma = \pm 0,4\%$;

2) межі похибки в робочих умовах (від 0 до 60 °С) $\gamma_{\text{р.у.}} = \pm 0,54\%$.

4.5.3 Похибку вагового модуля необхідно перевести у відносну форму за формулою (4.3), у яку підставляємо $X_H = 0,1\text{ кг}$,

$$X_B = 10 \text{ кг.}$$

Згідно п. 4.2.5, відносну похибку обчислюють в точках $X_{i\text{НОМ}}$ що відповідають 5, 25, 50, 75 та 95% від діапазону вимірів.

Отже, $X_{\text{НОМ}1} = 0,5$ кг і маємо:

$$\delta_{\text{пт}} = 0,5 \times \frac{10 - 0,4}{0,5} = 9,6\%.$$

Результати розрахунків усіх значень $\delta_{\text{пт}}$ наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Результати розрахунків значень $\delta_{\text{пт}}$

№ точки	$X_{\text{НОМ}}$	$\delta_{\text{пт}}$, %
1	0,5	9,9
2	2,5	1,98
3	5	0,99
4	7,5	0,99

4.5.4 Похибку вагового модуля необхідно перевести у відносну форму за формулою (4.3).

Розрахунок значення струму $I_{\text{НОМ}}$, мА, що відповідає номінальному значенню $X_{\text{НОМ}}$, проводимо згідно формули (4.5), у яку підставляємо $D_{\text{сигн.}}=16$ мА, $X_{\text{НОМ}1}=0,5$ кг; $D_{\text{ФВ}}=9,9$ кгс/см².

Отже:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{D_{\text{сигн}} \times X_{\text{НОМ}}}{D_{\text{ФВ}}} + 4 = \frac{16 \times 0,5}{9,9} + 4 = 4,8 \text{ мА}$$

Результати розрахунків усіх значень $I_{ном}$ зводимо у таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 - Результати розрахунків похибки вагового модуля

№ точки	$X_{ном}$, кг	$I_{ном}$, мА	δ_k , %	$\delta_{ВК осн}$, %	$\gamma_{ВК осн}$, %
1	0,5	4,8	0,33	12	0,6
2	2,5	8	0,2	2,4	0,606
3	5	12	0,13	1,2	0,606
4	7,5	16	0,1	1,2	0,909
5	9,5	19,35	0,08	0,64	0,614

4.5.5 Визначаємо похибку вагового модуля у відносній формі:

$$\delta_K = 0,4 \times \frac{20-4}{8} = 0,8\%$$

4.5.6 Обчислюємо межі основної відносної похибки ВК тиску за формулою (4.1):

$$\delta_{ВК осн} = 1,2 \times \sqrt{(9,9)^2 + (0,33)^2} = 12\%$$

Переводимо значення похибки ВК з відносної форми в приведену:

$$\gamma_{ВК осн1} = \frac{12 \times 0,5}{10 - 0,4} = 0,6\%.$$

Результати розрахунків $\delta_{ВК осн}$ заносимо в таблицю 4.4.

4.5.7 Вибираємо з таблиці 4.4 найбільше значення похибки:

$$\gamma_{ВК осн} = 0,9\%.$$

4.5.7 Для визначення похибок ВК у робочих умовах враховуємо, що оскільки в АСК прийняті заходи для стабілізації напруги живлення, то додаткову похибку, викликану зміною напруги живлення, не враховуємо.

4.5.8 Нормальна температура експлуатації 20 ± 5 °С. Максимальне відхилення від нормальних умов $60 - 25 = 55$ °С, що складає 5,5 разів по 10 °С. Округливши до більшого цілого 6 і врахувавши температурний коефіцієнт похибки $\pm 0,1\%/10$ °С, визначимо додаткову похибку вагового модуля як

$$\gamma_d = 0,1 \times 6 = 0,6\%.$$

Додаткову похибку вагового модуля переводимо у відносну форму за формулою (4.3), у яку підставляємо $X_H=0,1$ кг , $X_B=10$ кг , $X_{ном}=0,5$ кг :

$$\delta_{пт-д} = 0,6 \times \frac{10-0,4}{0,5} = 11,52\%.$$

Аналогічно розраховуємо відносну похибку у точках $X_{ном}$, що відповідають 5, 25, 50, 75 і 95 % від діапазону вимірів.

4.5.9 Додаткову похибка вагового модуля необхідно перевести у відносну форму за формулою (4.3).

Розрахунок значення струму $I_{ном}$, мА, що відповідає номінальному значенню $X_{ном}$, проводимо згідно формули (4.5), у яку підставляємо $D_{сигн.}$

$=16$ мА, $X_{ном1}=0,5$ кг ; $D_{ФВ}=9,9$ кг. Отже

$$I_{\text{ном}} = \frac{D_{\text{сигн}} \times X_{\text{ном}}}{D_{\text{фв}}} + 4 = \frac{16 \times 0,5}{9,9} + 4 = 4,8 \text{ мА}$$

Результати розрахунків інших значень $I_{\text{ном}}$ приведені в таблиці 4.5.

4.5.10 Визначаємо похибку вагового модуля у відносній формі:

$$\delta_{\text{К_д1}} = 0,54 \times \frac{20 - 4}{4,8} = 1,8\%$$

4.5.7 Обчислюємо похибку вимірювального каналу ваги в робочих умовах:

$$\delta_{\text{ВК}_{p.y.}} = 1,2 \times \sqrt{(9,9)^2 + (0,33)^2 + (11,88)^2 + (1,8)^2} = 18,7\%.$$

Переводимо значення похибки ВК з відносної форми в приведену:

$$\gamma_{\text{ВК}_{p.y.1}} = \frac{18,7 \times 0,5}{10 - 0,4} = 0,97\%.$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.5.

4.5.7 Вибираємо з таблиці 4.5 найбільше значення похибки:

$$\gamma_{\text{ВК}_{p.y.}} = 1,6\%$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Результати розрахунків додаткової похибки

№	$X_{\text{ном}},$ кг	$I_{\text{ном}},$ мА	$\Delta_{\text{пт}},$ %	$\delta_{\text{К_д}},$ %	$\delta_{\text{ВК}_{p.y.}},$ %	$\gamma_{\text{ВК}_{p.y.}},$ %
1	0,5	4,8	11,88	1,8	18,7	0,95
2	2,5	8	2,38	4,32	6,4	1,6

3	5	12	1,2	0,72	2,1	1,1
4	7,5	16	0,8	0,54	1,7	1,3
5	9,5	19,35	0,6	0,45	1,1	1,1

4.3. Динамічні характеристики вимірювальних каналів

Об'єктом вимірювань є пастеризаційна установка, в якій потрібно забезпечити температуру пастеризації (рис. 4.7). Контрольованим сигналом є температура на виході пастеризатора, яка позначається Y . Температура на виході пастеризатора вимірюється датчиком D і подається в порівнюючий пристрій (ПП) – контролер, формуючий керуючий сигнал U_1 , який підходить до виконавчого механізму – клапану. Клапан встановлює витрати пари і змінює температуру гарячої води Θ_v .

Для математичного аналізу переведемо функціональну схему рис. 4.7 в структурну (рис. 4.8). Для цього необхідно знати математичний опис усіх ланок. Передаточна функція управління об'єктом отримана на підставі фізичних законів у відповідності з методикою ідентифікації об'єктів. Передаточні функції інших ланок взяті з довідкових даних. Регулятор на схемі представлений 3 складовими зв'язками: пропорційним (коефіцієнт настройки k_p), інтегральним (коефіцієнт налаштувань k_i), диференціальним (коефіцієнт настройки k_d).

Оптимізацію системи проводим по перехідній функції об'єкта відповідно до структурної схеми рис. 4.8 в пакеті MATLAB, подавши на вхід єдиний ступінчатий вплив і задав обмеження відповідно до рекомендацій перерегулювання $\leq 20\%$, $t_{\text{рег}}$ не більше 200 с.

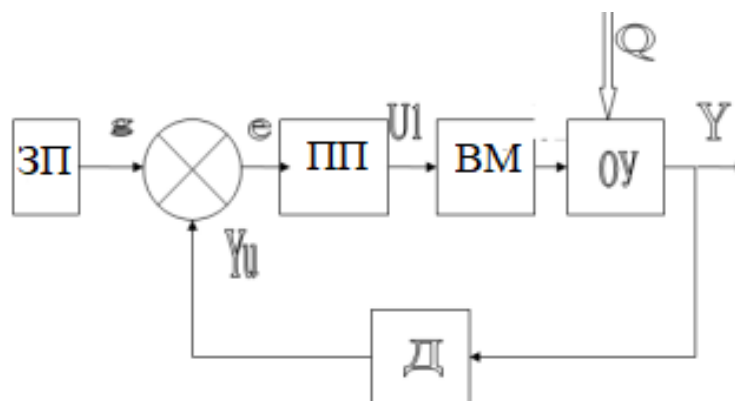


Рис. 4.7. Функціональна схема системи автоматичного регулювання температури

ЗП – Задаючий пристрій, за допомогою якого формується задаючий сигнал g ;

ПП - порівнюючий пристрій (контролер), керуючий сигнал $U1$ формується на виході;

ВМ - виконавчий механізм, вихідний сигнал Θ_v впливає на об'єкт керування;

ОУ - об'єкт управління, вихідним сигналом якого є змінна регульована Y ;

Д – вимірювальний пристрій (датчик регульованої змінної), що перетворює величину Y в величину Y_u ;

Q – збурення.

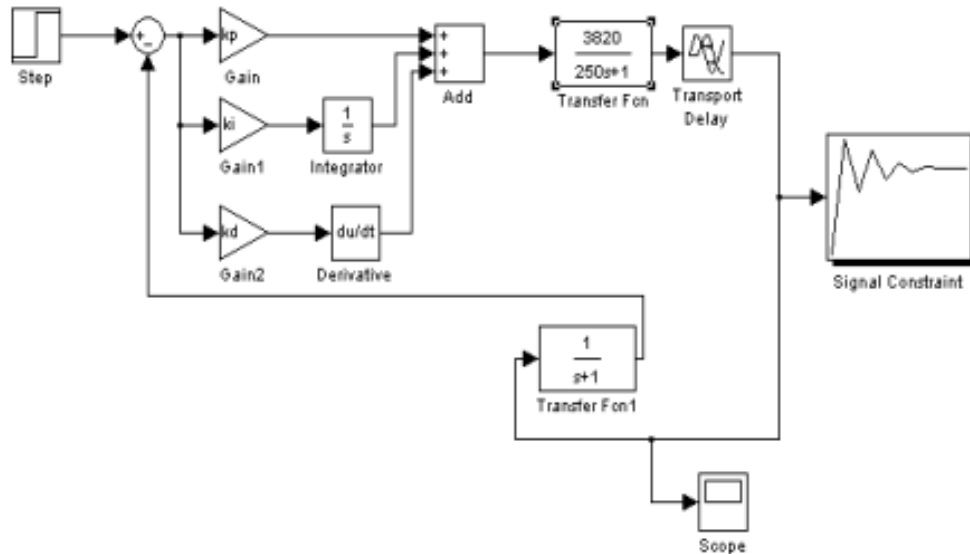


Рис.4.8. Структурна алгоритмічна схема системи автоматичного регулювання температури у пастеризаторі, адаптована для аналізу у MATLAB

Пропорційний регулятор дає погану якість регулювання (нестійка система). Тому проведемо підбір підходящих значень коефіцієнтів регулятора. Варіюються змінні - k_p , k_i , k_d . Як метод оптимізації за замовчуванням встановлено метод градієнтного спуску. Однак при використанні даного методу не вдалося отримати необхідні показники перехідного процесу. Крім того, спостерігаються зростаючі коливання (нестійкий процес роботи). Тому змінимо метод оптимізації на Симплекс метод, де результат набагато кращий (відсутні автоколивання, немає статичної помилки). Зациклювання забезпечується за параметрами: $k_d=154.86$; $k_i = 0.0438$; $k_p = 16.45$. Якість регулювання характеризується наступними параметрами (рис. 4.9): час регулювання 80 с, перерегулювання - ні, статичної помилки немає.

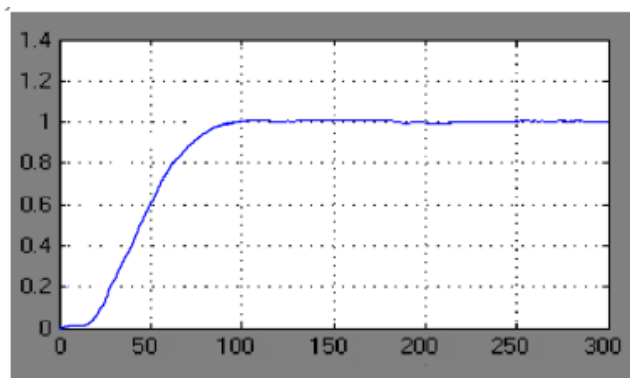


Рис. 4.9 – Перехідна функція системи автоматичного регулювання температури молока у пастеризаторі з оптимальними параметрами

Таким чином, домогтися точності підтримки параметрів процесу пастеризації дозволить мікропроцесорна система керування, яка за сигналом датчиків забезпечить точну підтримку температури пастеризації. Знайдені в процесі моделювання параметри налаштування регулятора ($k_d=154.86$; $k_i=0.0438$; $k_p=16.45$) повинні бути встановлені в програмі контролера та забезпечать прийнятну якість регулювання, параметри: час регулювання 80 с, перерегулювання – ні, статичної помилки не.

Використовуючи паспортні дані компонентів каналу або інформацію з Додатку И, знаходимо передатні функції компонентів ІВК:

а) ПФ термометра опору

$$W_1(S) = \frac{K_1}{(T_1S + 1)(T_1S + 1)} = \frac{1}{(5S + 1)(10S + 1)}$$

б) ПФ нормуючого перетворювача

$$W_1(S) = K_2 = 0,7786.$$

4.4 Аналітичне визначення статичних характеристик

Канал вимірювання температури складається з наступних компонентів: термометра опору, нормуючого перетворювача з вихідним сигналом 4...20

мА. Діапазон вимірюваних температур від 40 до 300 °С.

Знайдемо статичні характеристики для кожного компонента вимірювального каналу. За номінальною статичною характеристикою для термометра опору знаходимо термоЕРС, що відповідає нижній $T_H=40$ °С і верхній $T_\delta=300$ °С межам вимірювання. Отримаємо $E_H=20,64$ мВ і $E_\delta=41,269$ мВ. Рівняння статичної характеристики термопари запишемо в наступній формі:

$$E = a_1 T_H + A_1 T$$

де T - поточне значення температури в діапазоні від 40 до 300 °С.

Знайдемо параметри a_1 і A_1 :

$$a_1 = \frac{E_H}{T_H} = \frac{20,64}{40} = 0,516 \text{ мВ/°С}; \quad (5.10)$$

$$A_1 = \frac{E_\delta - E_H}{T_\delta - T_H} = \frac{41,269 - 20,64}{300 - 40} = 0,07934 \text{ мВ/°С}; \quad (5.11)$$

З урахуванням (5.10) і (5.11) одержимо:

$$E = 20,64 + 0,07934 \times T - E_H \text{ мВ.}$$

Рівняння статичної характеристики нормуючого перетворювача має вигляд:

$$I = a_2 E_H + A_2 E \quad (5.13)$$

Обчислимо параметри a_2 і A_2 :

$$a_2 = \frac{I_H}{E_H} = \frac{4}{20,64} = 0,1938 \frac{\text{мА}}{\text{мВ}}; \quad (5.14)$$

$$A_2 = \frac{I_K - I_H}{E_K - E_H} = \frac{20 - 4}{41,269 - 20,64} = 0,7756 \frac{\text{мА}}{\text{мВ}} \quad (5.15)$$

З урахуванням (5.14) і (5.15) маємо:

$$I = 4 + 0,7756E - E_n \text{ мА} \quad (5.16)$$

4.5 Розрахунок невизначеності аналого-цифрового перетворення

4.5.1 На метрологічні властивості ВК комп'ютерно-інтегрованих АСК істотно впливають метрологічні властивості аналого-цифрових перетворювачів (АЦП). Похибка переведення вимірювальної інформації з аналогової форми в цифрову робить істотний вплив на невизначеність вимірів усього вимірювального каналу.

До таких основних похибок АЦП відносяться :

- похибка квантування, яка визначається зазвичай як половина одиниці молодшого розряду (ОМР);
- диференціальна нелінійність АЦП, яка визначається тим, що в різних діапазонах перетворення значення кроку квантування може мати невиключену систематичну похибка, визначувану в долях ОМР;
- напруга зсуву нуля, обумовлена зміщенням нуля компаратора АЦП і відхиленням опору першого резистора дільника опорної напруги від номінального значення;
- мультиплікативна похибка коефіцієнта перетворення АЦП, визначувана як різниця між дійсним і номінальним значенням коефіцієнта перетворення;
- монотонність характеристики перетворення як незмінність напрямку приросту вихідного сигналу при монотонній зміні вхідного сигналу за наявності шумів усередненого приросту, визначається як величина, залежна від ОМР, і характеризує непропажу кодів на виході АЦП;

– апертурна похибка (джитер) АЦП – це невизначеність амплітуди миттєвого значення сигналу внаслідок кінцевого (ненульового) часу перетворення аналогового сигналу в цифровий.

4.5.2 Розглянемо оцінку невизначеності АЦП на прикладі контролера CPU 1513-1 PN. Десятибітовий однокристальний АЦП мікроконтролера перетворює напругу $0 \dots 5$ В за 2^N кроків. Похибки аналого-цифрового перетворення в документації мікроконтролера приведені по відношенню до одиниці молодшого розряду, англійською мовою Least Significant Bit (LSB), яка може бути вчислена за формулою:

$$\text{LSB} = V_{\text{REF}} / 2^N, \quad (4.12)$$

де N – разрядність АЦП;

V_{REF} – опорна напруга.

Нижчий код відповідає 0, вищий 2^{N-1} .

4.5.3 Оскільки АЦП контролера CPU 1513-1 PN працює за принципом послідовного наближення, то й час перетворення істотно залежить від величини аналогового сигналу. Час перетворення – це час, за який на виході АЦП з'являється стійкий код, що відповідає вхідному сигналу. Для даного мікроконтролера ця величина лежатиме в межах $13 \dots 260$ мс. Частота вибірки значення при максимальному значенні вхідного сигналу 15 кГц. Контролер CPU 1513-1 PN має вісім мультиплексованих несиметричних вхідних каналів АЦП. Тут розглядається розрахунок невизначеності вимірів при виконанні вимірів одним каналом для отримання інформації про повільно протікаючі процеси з частотою не вище 1 кГц. Вхідний опір аналогового входу досить високий

– 100 МОм для виконання більшості вимірів. У приведені наступні похибки АЦП контролера CPU 1513-1 PN при напрузі живлення $V_{CC} = 4$ В, опорній напрузі $V_{REF} = 4$ В, і тактовій частоті 200 кГц:

- інтегральна нелінійність перетворення (INL) – 1,1 LSB;
- диференціальна нелінійність перетворення (DNL) – 0,3 LSB;
- похибка підсилювача (GE) – 1,6 LSB;
- похибка зсуву (OE) – мінус 1,5 LSB;
- похибка квантування (QE) – 0,5 LSB.

4.5.4 За даними документації на температура довкілля несуттєво впливає на вольтамперну характеристику мікроконтролера. Отже, впливом температури на похибку перетворення можна нехтувати. Також при повільно протікаючих процесах можна не брати до уваги апертурну похибку.

4.5.5 Максимальні значення похибки нелінійності перетворення, пов'язані з алгоритмом перетворення в АЦП, розраховуємо з умови найгіршого можливого поєднання інтегральної і диференціальної нелінійності: $\delta_{NL} = INL + DNL$. Невизначеність, пов'язану з нелінійністю перетворення, обчислюємо, виходячи зі значення δ_{NL} у припущенні про рівномірний розподіл похибки:

$$\Delta_{NL} = \delta_{NL} \frac{V_{REF}}{2^N}.$$

4.5.6 Оскільки величина похибки δ_{NL} визначається в долях LSB, то похибка вимірюваної величини Δ_{NL} буде рівною:

4.1.1 Оцінку стандартної невизначеності за типом В визначаємо згідно формули:

$$\hat{u}_{B_{NL}} = \frac{\Delta_{NL}}{K(p)\sqrt{3}},$$

де $K(p)$ – коефіцієнт, рівний 1,1 для імовірності $p=0,95$ і 1,4 для імовірності $p=0,99$.

4.1.2 Сумарна похибка посилення і зсуву δ_{GO} вихідного коду відносно вхідного сигналу є рівною $\delta_{GO} = GE + OE$. Оцінка стандартної невизначеності за типом В, пов'язана з посиленням і зсувом, визначається аналогічним чином:

$$\Delta_{GO} = \delta_{GO} \frac{V_{REF}}{2^N}; \quad \hat{u}_{BGO} = \frac{\Delta_{GO}}{K(p)\sqrt{3}}.$$

4.1.3 Абсолютні межі шуму квантування аналогово-цифрового перетворення дорівнюють половині одиниці молодшого розряду:

$$\Delta_Q = 0,5 \cdot \text{LSB}.$$

Невизначеність квантування u_Q дорівнює межі похибки квантування, яка ділиться на коефіцієнт охоплення для рівномірного закону розподілу:

$$u_Q = \Delta_Q / \sqrt{3}.$$

4.1.4 У таблиці 4.6 приведений бюджет невизначеності аналогово-цифрового перетворення.

Таблиця 4.6 – Бюджет невизначеності аналогово-цифрового перетворення

Вхідні величини	Оцінки вхідних величин	Стандартна невизначеність	Розподіл імовірності
Похибка нелінійності Перетворення		$\hat{u}_{B_{NL}} = \frac{\Delta_{NL}}{K(p)\sqrt{3}}$	Рівномірний
Похибка зсуву і посилення		$\hat{u}_{B_{GO}} = \frac{\Delta_{GO}}{K(p)\sqrt{3}}$	Рівномірний
Похибка квантування		$u_Q = \frac{\Delta_Q}{\sqrt{3}}$	Рівномірний
Y	0...5 В	u(y)	Рівномірний

Сумарну невизначеність u_s вихідного коду визначаємо наступним чином:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m u_i^2(y)},$$

$$u_s = \sqrt{\left(\frac{\Delta_{NL}}{K(p)\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{GO}}{K(p)\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_Q}{\sqrt{3}}\right)^2}.$$

Розширену невизначеність розраховуємо з урахуванням коефіцієнта охоплення, величина якого визначається для рівномірного розподілу за величиною відношення $|u_2(y)/u_1(y)|$, що відповідає відношенню двох найбільших вкладів до бюджету невизначеності, при цьому $u_1(y) \geq u_2(y)$. Значення коефіцієнта охоплення k_B вибираємо з таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Значення коефіцієнта охоплення при рівномірно розподілених вхідних величинах

$ u_2(y)/u_1(y) $	1...0,8	0,9	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
k_B	1,94	1,93	1,92	1,90	1,87	1,82	1,75	1,68
U	1,52	1,73	1,15	0,95	0,74	0,54	0,35	0,16

Приведені в табл. 4.6 і 4.7 дані дозволяють розрахувати розширену невизначеність за формулою:

$$U = k_B u_s.$$

Висновок: розраховано відносну похибку вимірів опору 1,40%, абсолютну похибку вторинного перетворювача 1,40°C, похибку модуля 0,05°C, похибку ВК температури $\pm(0,3+0,0035t)$ °C, похибку ВК температури в робочих умовах $(0,55+0,0035t)$ °C, розраховано розширену невизначеність АЦП 0,16-1,52.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було:

- досліджено виробництво харчових соусів як об'єкта контролю;
- вибрано контрольовані параметри, підібрано технічні засоби і розроблено на їх основі структури КІВС контролю процесу виробництва харчових соусів;
- розроблено алгоритм, структурну схему, функціональну схему, принципову схеми КІВС;
- розроблено метрологічне забезпечення КІВС шляхом моделювання метрологічних характеристик (похибок).

Розраховано відносну похибку вимірів опору 1,40%, абсолютну похибку вторинного перетворювача 1,40°C, похибку модуля 0,05°C, похибку ВК температури $\pm(0,3+0,0035t)^{\circ}\text{C}$, похибку ВК температури в робочих умовах $(0,55+0,0035t)^{\circ}\text{C}$, розраховано розширену невизначеність АЦП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технічне завдання на проектування виробництва соєвого соусу.
2. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ до виконання кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «магістр» / ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»— Житомир 2022 – 42 с.
3. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ до виконання завдань ПЕРЕДДИПЛОМНОЇ ПРАКТИКИ / ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»— Житомир 2021-2022 – с. 12
4. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для самостійної роботи студентів з навчальної дисципліни «ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ»/ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»— Житомир 2022 – с. 5.
5. НПрАТ «Волиньхолдинг» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.nestle.ua/jobs/vacancy/volyn-holding>.
6. Навчання 4 КУРС / Інформаційно-вимірювальні системи / ІВС_повний курс [Електронний ресурс] // Черновицький національний університет ім. Ю. Федьковича. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/5468653/page:6/>.
7. Лист технічних даних панель оператора [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/DatasheetDownload?downloadUrl=teddatsheet%2F%3Fformat%3DPDF%26caller%3DMall%26mlfbs%3D6AV2124-0MC01-0AX0%26language%3Dru>.
8. Лист технічних даних ваговий модуль [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/DatasheetDownload?downloadUrl=teddatsheet%2F%3Fformat%3DPDF%26caller%3DMall%26mlfbs%3D6AV2124-0MC01-0AX0%26language%3Dru>.

[adUrl=teddatsheet%2F%3Fformat%3DPDF%26caller%3DMall%26mlfbs%3D7MH4138-6AA00-0BA0%26language%3Dru.](https://mall.industry.siemens.com/mall/en/uk/Catalog/Product/7ME6140-2DB10-1AA1)

9. Лист технічних даних витратомір [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/uk/Catalog/Product/7ME6140-2DB10-1AA1>.

10. Лист технічних даних датчик рівня [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.tme.eu/ua/ru/details/cdwm3020zrpkm/datchiki-obema/sels/>.

11. Лист технічних даних інтерфейсний модуль [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7155-6AU01-0BN0>.

12. Лист технічних даних головний процесор [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6ES7513-1AL02-0AB0>.

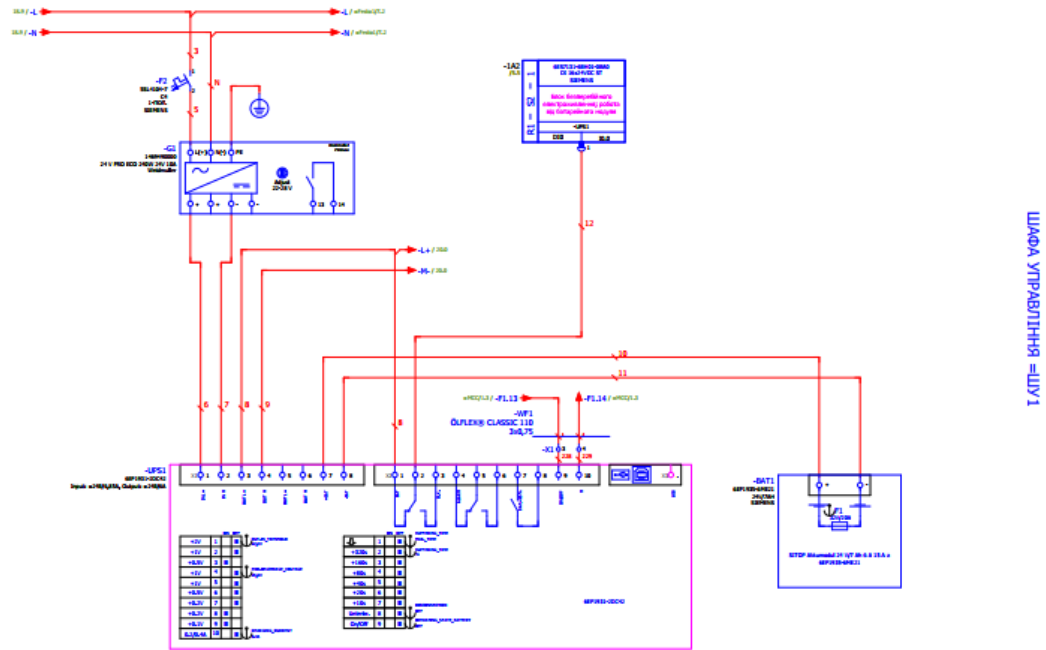
13. Лист технічних даних терморегулятор [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.tme.eu/en/details/ar660-s2-p-p-rs485/temperature-regulators/apar/ar660-s2-p-p-rs485-wa-p/>.

14. Лист технічних даних частотний перетворювач [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6SL3210-1KE18-8AF1>.

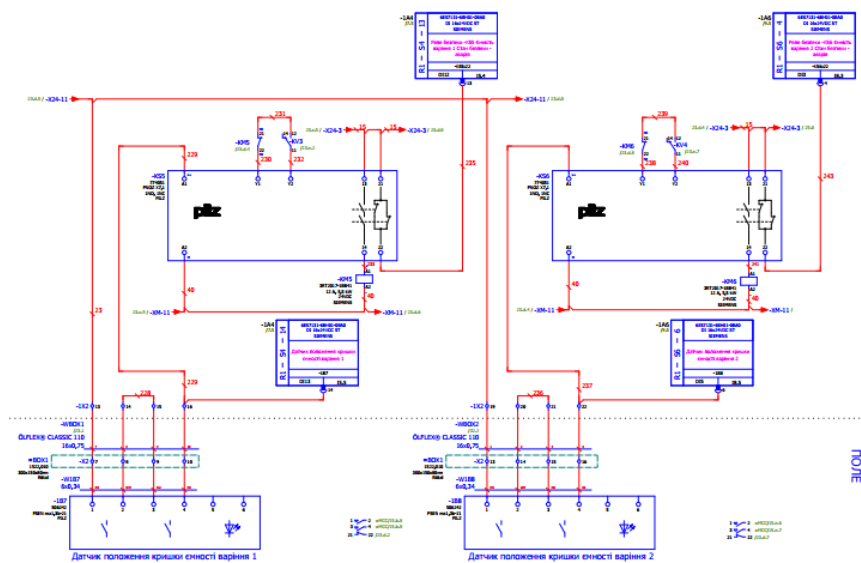
15. Методичні вказівки до виконання розрахунків в дипломних проектах спеціальностей 151 та 152 для студентів усіх форм навчання / УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ – Дніпропетровськ УДХТУ 2017 – 42 с.

Додатки

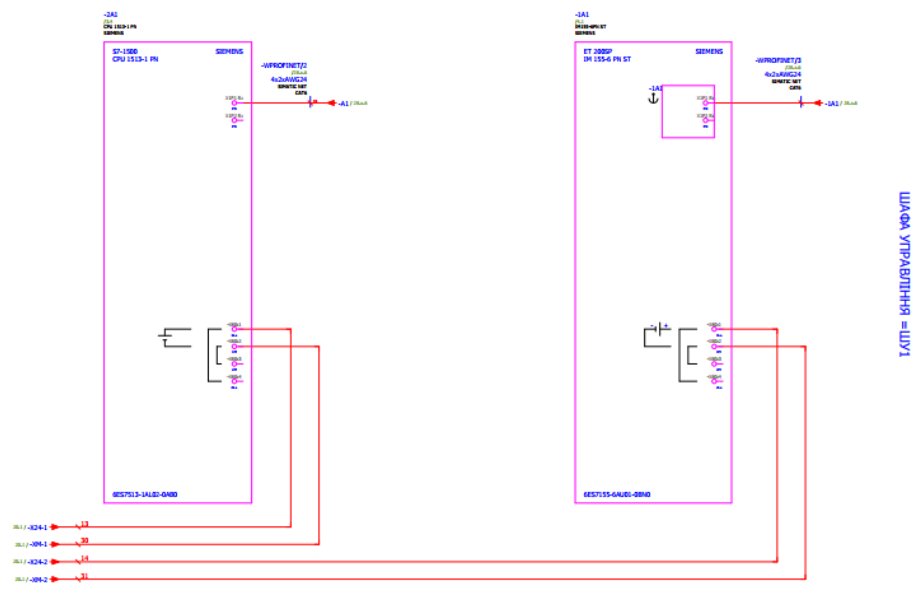
ДОДАТОК А



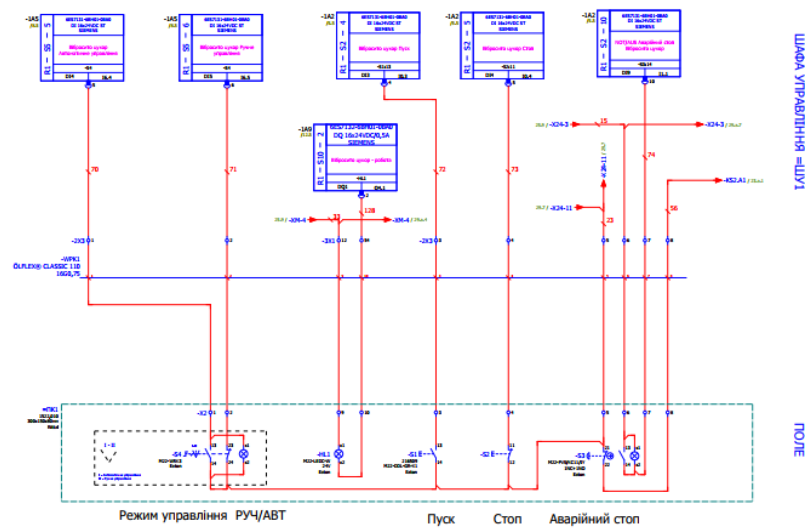
Блок живлення та блок безперебійного живлення



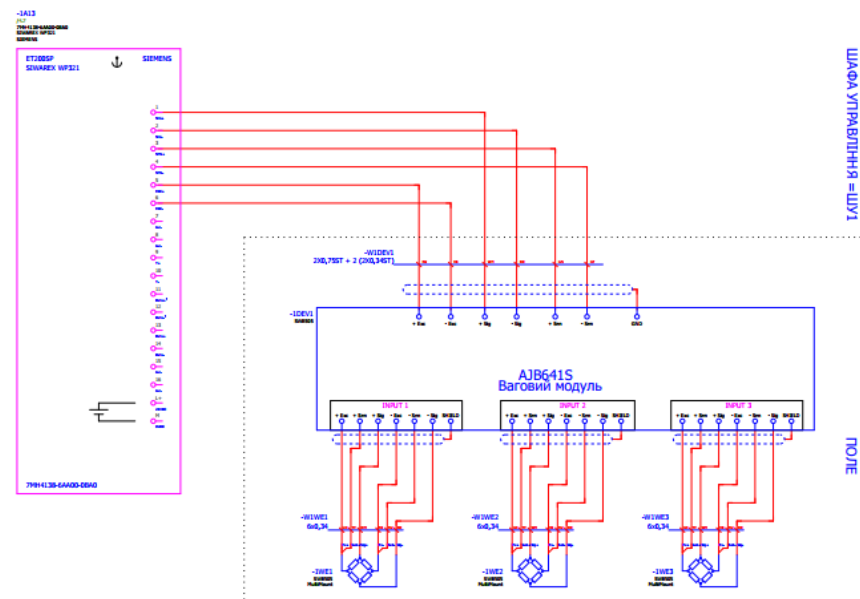
Підключення датчиків положення кришки



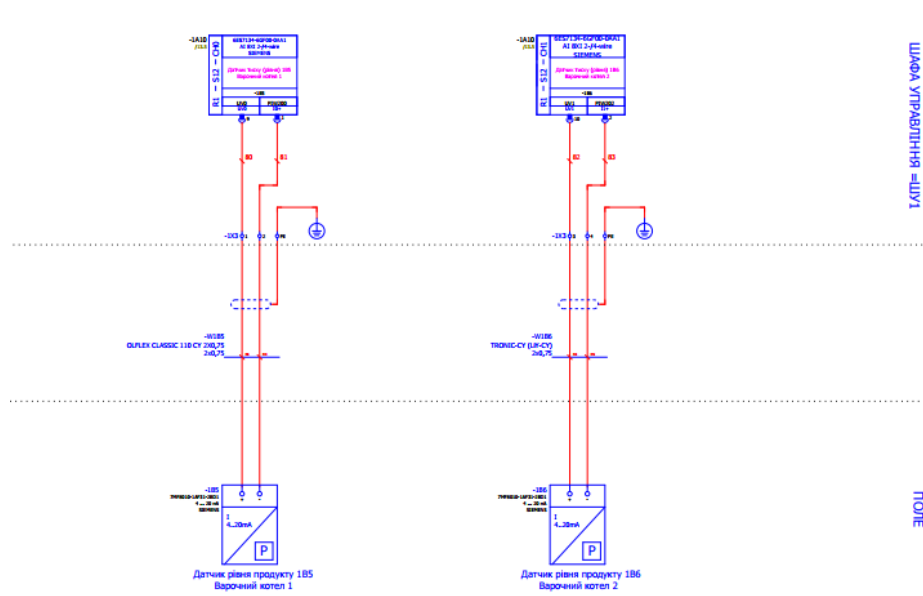
Підключення головного процесора та інтерфейсного модуля



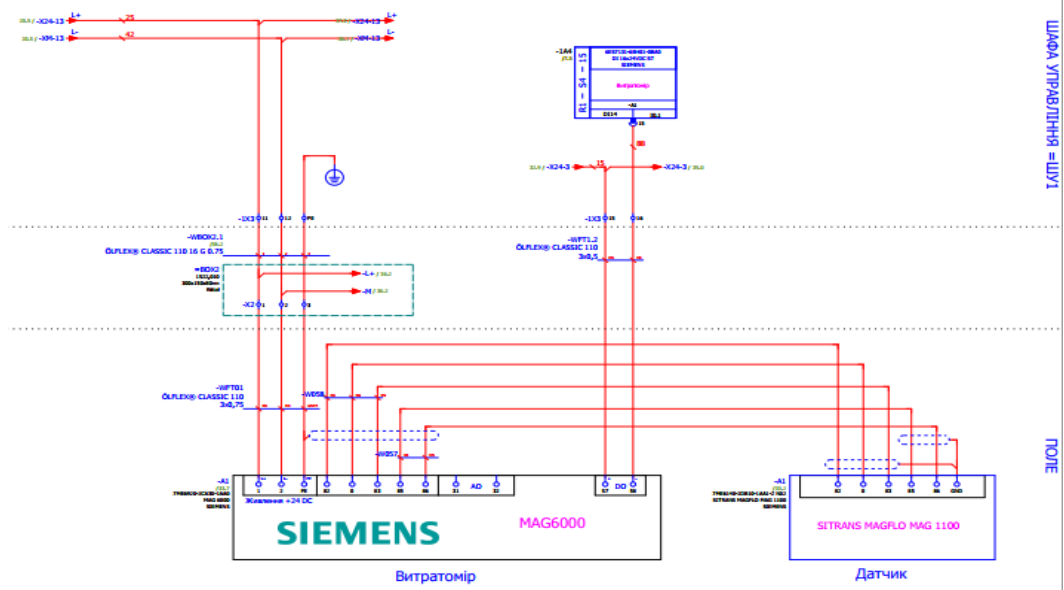
Пульт управління вібросито



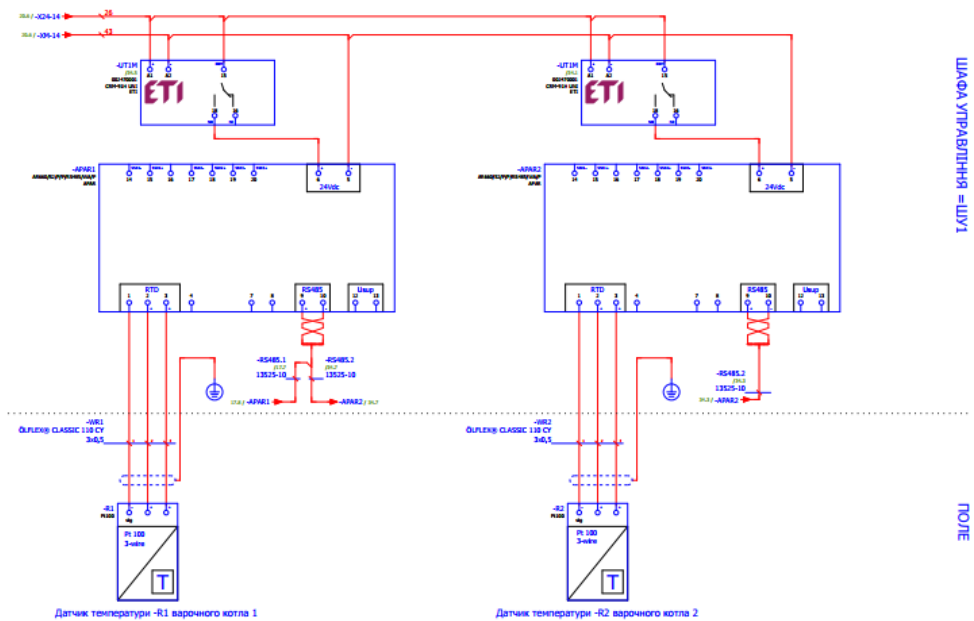
Підключення вагового модуля



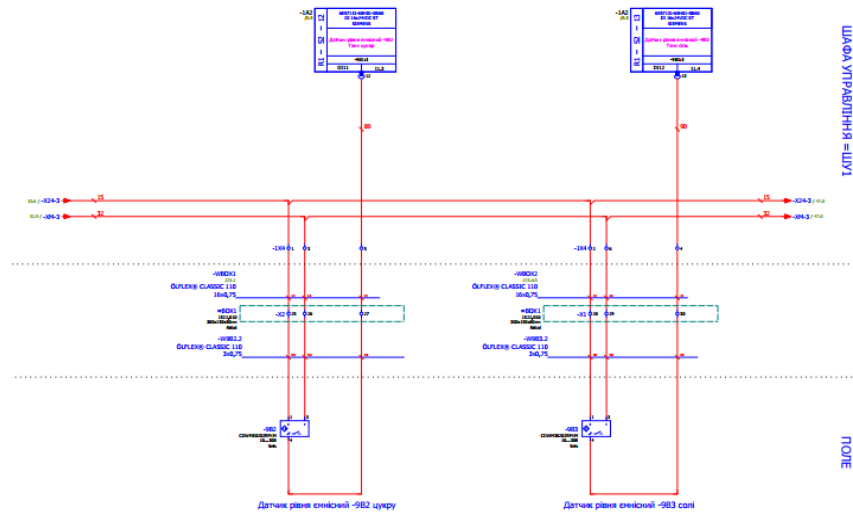
Підключення датчиків рівня



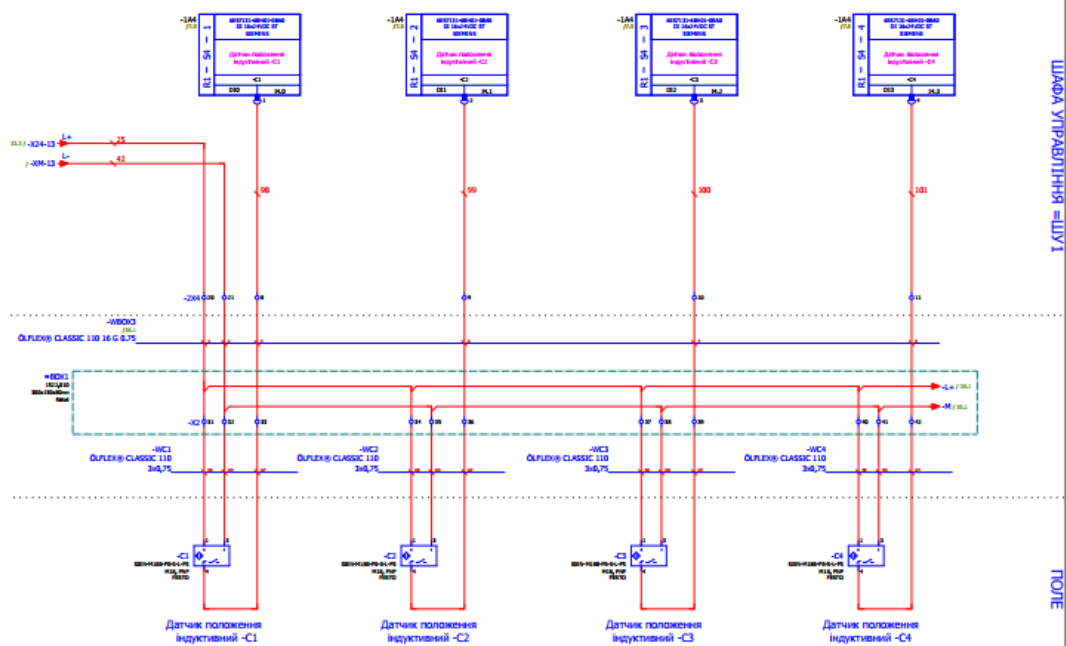
Підключення витратоміра



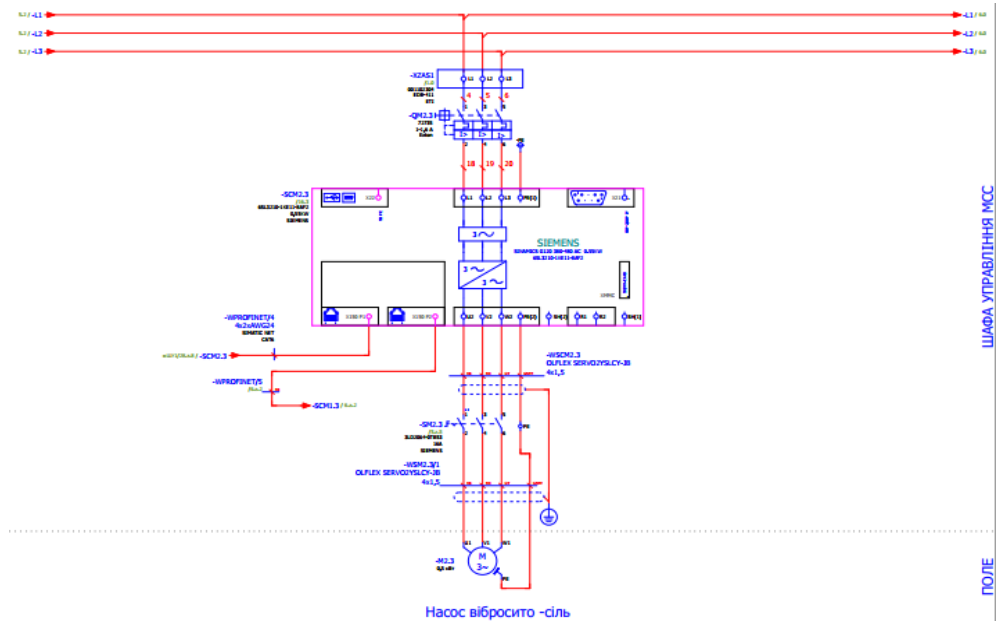
Підключення датчиків температури



Підключення датчиків рівня шнісних

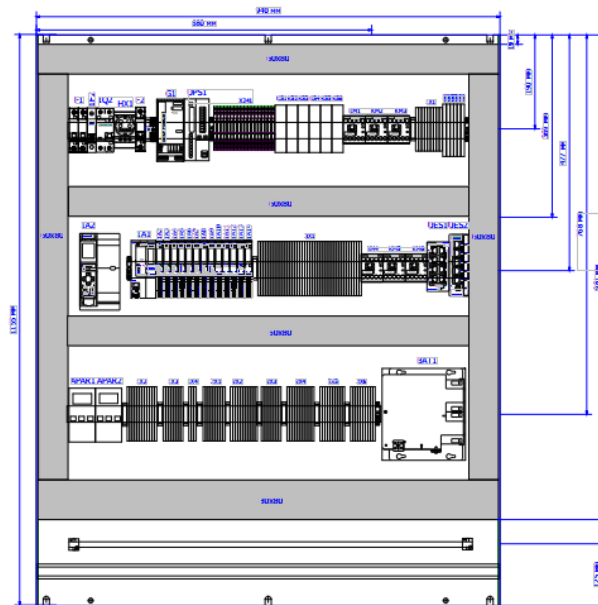


Підключення датчиків положення індуктивних



Підключення частотного перетворювача

ДОДАТОК Б



Шафа управління виробництвом харчових соусів ШУ1