

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: «Розробка автоматизованої системи сепарації хлібопекарських
дріжджів.»

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи КАс-41
спеціальності 151 «Автоматизація

та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	<u>Андрей А.А.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	<u>Микулик П.М.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	<u>Козбур І.Р.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	<u>Савків В.Б.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	<u>Тотосько О.В.</u> (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

Анотація

Об'єктом проектування є автоматизована система сепарації хлібопекарських дріжджів.

У роботі проведено аналіз технологічних процесів при виробництві дріжджів та факторів, які впливають на їх якість. Розглянуто види обладнання, що використовуються при сепарації дріжджів.

Розроблена система контролю технологічних параметрів процесу сепарації дріжджів із використанням програмованого логічного контролера, який має здатність сумісно працювати з пристроями контролю суміжних відділень, та сучасного вимірювального обладнання й виконавчих механізмів. При цьому системи збору інформації про стан технологічних параметрів і керування виконавчими пристроями підключаються до загальної САК підприємства використовуючи мережу з протоколом Modbus.

Ключові слова:

ДРІЖДЖІ, СЕПАРАЦІЯ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ,
ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР, ПРОМИСЛОВА МЕРЕЖА

ЗМІСТ

Вступ	6
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Основні поняття про хлібопекарські дріжджі	7
1.2 Вимоги до хлібопекарських дріжджів	11
1.3 Огляд сепараторів дріжджової суспензії	13
2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	17
2.1 Сировина для виробництва дріжджів	17
2.2 Технологія виробництва хлібопекарських дріжджів	18
2.3 Розроблення автоматизованої системи сепарації дріжджів	22
2.3.1 Розроблення автоматизованої системи виготовлення сухих дріжджів	22
2.3.2 Розроблення функціональної схеми автоматизації сепарації хлібопекарських дріжджів	25
2.3.3 Вибір обладнання автоматизованої системи сепарації дріжджів	29
2.3.3.1 Пристрої автоматичного вимірювання тиску	29
2.3.3.2 Пристрої автоматичного вимірювання температури	30
2.3.3.3 Пристрої автоматичного вимірювання ваги та рівня	31
2.3.3.4 Пристрої автоматичного вимірювання витрати	33
2.3.3.5 Виконавчі пристрої	37
2.3.3.6 Програмований логічний контролер	40
2.3.3.7 Перетворювачі сигналів	41
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	47
3.1 Методи програмування ПЛК	47
3.2 Використання системи SCADA для автоматизації виробництва	52
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	59
4.1 Промислова санітарія	59
4.2 Аналіз імовірних аварій на дріжджовому заводі	61
4.3 Вибір технічних засобів запобігання техногенних аварій	65
Висновки	69
Перелік посилань	70

Вступ

З доісторичних часів люди споживали злаки. У Месопотамії вживали запечені пасти з меленого зерна, а в Єгипті готували дріжджовий хліб. Протягом тисячоліть люди не знали про існування дріжджів, але могли використовувати їх не лише для випікання хліба, але й для пивоваріння. Фундаментальна роль дріжджів і бактерій у процесах бродіння була відкрита лише в минулому столітті Пастером. Незабаром після цього Хансен почав використовувати чисті культури для пивоваріння та випічки. До цього часу пекарі використовували для закваски відпрацьовані пивні дріжджі або засівали свіже тісто невеликою частиною вже заквашеного тіста. Комерційне виробництво дріжджів для хлібопекарських цілей почалося приблизно після 1850 року, і з того часу дріжджова технологія перетворилася на високопродуктивну та економічну галузь.

Світове виробництво дріжджів з високою точністю невідоме, але, ймовірно, становить близько півмільйона тон на рік, трохи менше половини цього загального обсягу припадає на пекарські дріжджі.

Пекарські дріжджі виробляються у двох формах: пресовані дріжджі, що містять близько 30% сухих речовин, і активні сухі дріжджі, які містять близько 90% сухих речовин. Свіжі пресовані хлібопекарські дріжджі більш активні, ніж активні сухі дріжджі (приблизно в 1,5 рази в перерахунку на суху речовину) і дешевші у виробництві. Однак він потребує зберігання в холодильнику та має менший термін зберігання.

Автоматизація виробництва дозволяє підвищити якість і знизити собівартість продукції. Вона вимагає чималих витрат сил, часу й фінансів, але при вмілому підході, своєчасних і доцільних керівних рішеннях, дозволяє добитися значного економічного ефекту. Метою автоматизації є зниження обсягу ручної праці, забезпечення стабільності характеристик технологічного процесу, забезпечення можливості спостереження, аналізу й керування параметрами технологічного процесу людиною. Результатом цього процесу є одержання автоматизованої системи.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Основні поняття про хлібопекарські дріжджі

Дріжджі - це одноклітинний живий організм, який широко використовується в хлібопекарській, пивоварній, виноробній та інших галузях промисловості. Різні класи дріжджів можна знайти в багатьох екосистемах і середовищах харчової промисловості. Їх можна виділити з нектару квітів, шкірки плодів, меду, поверхні листя і рослин. Крім того, вони зустрічаються в ґрунті або можуть бути знайдені в повітрі.

Цей інгредієнт виконує багато функцій у хлібобулочних виробках. Однак найбільш вираженими є два:

1. Підйом тіста: виробництво вуглекислого газу, необхідне для підйому тіста для збільшення об'єму хліба та покращення м'якшки та загальної текстури.
2. Дозрівання тіста та розвиток смаку: виробництво етанолу та невеликих кількостей органічних сполук, таких як кетони та альдегіди. Це відповідає за розм'якшення тіста, а також за надання смаку та аромату хлібу.

Пекарські дріжджі випускаються в різних формах, включаючи пресовані, сушені/гранульовані, кремкові або рідкі, розчинні, інкапсульовані та заморожені.

Виробники розробляють штами, які можуть переносити і розвиватися в певних середовищах. Також вони можуть виконувати додаткові функції, які вигідні пекарям. Ось кілька прикладів:

- толерантність до пропіонату кальцію;
- морозостійкий;
- осмоцелерантний;
- високий вміст вітаміну D;

- мальтаза негативна;
- протимікробний;
- відновлює акриламід;
- аромат.

Дріжджі - це мікроскопічні одноклітинні гриби, які живуть на Землі мільйони років. Як і будь-яка інша клітина, дріжджі складаються з білків, амінокислот, вітамінів і мінералів, зібраних у клітинних стінках. Дріжджовий екстракт — це просто вміст дріжджів без клітинної стінки, що робить його інгредієнтом природного походження. Його виробництво складається з 3 основних етапів: ферментація, розбивання дріжджової клітини та сепарація.

1. Бродіння дріжджів. Штам дріжджів вибирається відповідно до кінцевого використання клієнта. Потім цей штам буде рости, живлячись джерелом цукру. Щоб оптимізувати швидкість росту дріжджів, уважно стежать за температурою та рівнем кисню. Результат бродіння називається «Дріжджовий крем», готовий до наступного етапу: розбивання.
2. Розбивання дріжджів. Метою етапу розщеплення є розчинення вмісту дріжджових клітин. Після етапу охолодження, щоб зупинити ріст популяції дріжджів, дріжджовий крем поміщають у великі резервуари при температурі 45-55 °С. Під час цього термічного процесу клітинні стінки розщеплюються ферментами, присутніми в дріжджах. Макромолекули клітини розрізаються на більш дрібні молекули, отримуючи такі «смачні» компоненти: білкові частини (пептиди, вільні амінокислоти, такі як глютамінова кислота), нуклеїнову кислоту (рибонуклеїнова кислота, олігонуклеотиди, нуклеотиди), полісахариди (цукри, маннани та глюкани). Необхідно стежити за лізисом, щоб отримати «смачні» компоненти в правильному співвідношенні. Кожен параметр розщеплення (температура, а також рН) є вирішальним і впливає на кінцеві смакові властивості дріжджового екстракту.
3. Сепарація. Бажані компоненти відокремлюються від клітинних стінок шляхом центрифугування та промивання. З цього моменту

дріжджовий крем стає дріжджовим екстрактом і зберігає більшість початкових поживних речовин дріжджів. Потім дріжджовий екстракт концентрують шляхом обережного випаровування, щоб отримати рідкорозчинний дріжджовий екстракт.

У залежності від потреб замовника можливі додаткові етапи обробки дріжджів для отримання концентрату: випаровування та висушування. Концентрація шляхом випаровування: дріжджовий екстракт концентрується шляхом обережного випаровування в умовах вакууму. Висушування: Дріжджовий екстракт сушать гарячим повітрям і перетворюють на порошок.

Виходячи з потреб клієнтів, розроблено передові технології, щоб пропонувати різні форми дріжджового екстракту, зберігаючи всі його органолептичні властивості та переваги. Дріжджові екстракти можна придбати в трьох формах: рідина, паста, порошок. Випарювання, концентрування та розпилювальне сушіння є додатковими кроками для приготування необхідних комерційних форм дріжджового екстракту.

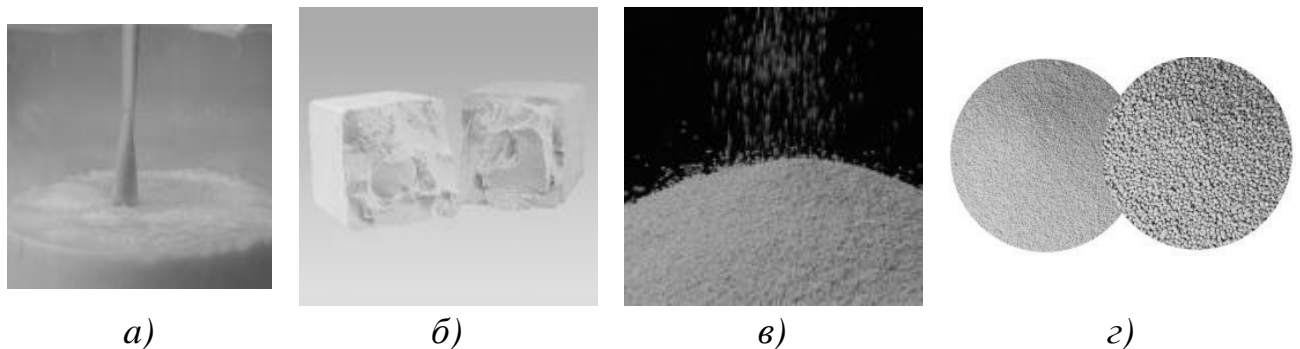


Рисунок 1.1 - Форми дріжджів:
а- вершки; б- пресовані; в- сухі; г- активні сухі.

Дріжджі вибираються на основі їх здатності задовольняти потреби пекарні, типу хліба для випікання, системи тіста, умов обробки та обладнання. Оцінка придатності цього інгредієнта базується на:

- потужність газоутворення;
- життєздатність;
- термін придатності;
- форма (суха або рідка);
- умови роботи на хлібо заводі.

Таблиця 1.1 Форми дріжджів, які використовуються в пекарнях

Форма	Вміст води (%)	Вміст твердих речовин (%)	Поводження та застосування
Пресовані	70,0	30,0	Термін придатності: 2-3 тижні при температурі охолодження Можна додавати безпосередньо в міксер Застосування: середні та високошвидкісні пекарні Активність: висока, але нижча, ніж у вершкових дріжджів
Вершки	85,0	15,0	Термін придатності: 2-3 тижні в холодильнику Потребує зберігання в резервуарах з перемішуванням. Його можна перекачувати безпосередньо в змішувач за допомогою системи обробки сипучих інгредієнтів Застосування: високошвидкісні пекарні, найпростіше і найточніше масштабування Активність: найвища, менш схильна до коливань продуктивності
Активні сухі	5,0	95,0	Термін придатності: 1 рік у вакуумній (безкисневій) упаковці Необхідно активувати в теплій воді протягом 5-10 хвилин перед додаванням в тісто Застосування: роздрібні пекарні, пекарні в магазинах Активність: найнижча
Миттєвого висихання	5,0	95,0	Термін придатності: 1 рік у вакуумній упаковці Можна додавати безпосередньо в міксер без активації Застосування: роздрібна кондитерська, пекарні середнього розміру Активність: вища за активні сухі, але нижча за пресовані

Активність або продуктивність дріжджів контролюється такими факторами:

- рН: Дріжджі добре працюють в діапазоні рН від 5 до 7.
- Харчова цінність: прості цукру в хлібному тісті забезпечуються борошном, активністю амілази або додаються як частина рецептури.
- Температура: Дріжджі найбільш активні при 40–50°C й деактивуються при 60°C .
- Вміст води або гідратація тіста.
- Осмотичний тиск: сіль і цукор підвищують осмотичний тиск, що, у свою чергу, сповільнює активність дріжджів.
- Час: дріжджам потрібен достатній час для ферментації джерел вуглецю.

Хлібопекарські дріжджі перетворюють вуглеводи, що розкладаються крохмалем у борошні, на вуглекислий газ та інші хімічні елементи і під дією газу роблять тісто пухким. Дріжджове бродіння, натуральне живлення, зручне та швидке, принципово усуває недоліки традиційного методу бродіння, такого як бродіння квасного тіста – низьке бродіння негігієнічно та легко скисає. Спирт, який утворюється в результаті розщеплення цукру, надає тісту особливого аромату та підсилює смак хліба та хліба на пару.

У процесі бродіння дріжджі також можуть розщеплювати фітинову кислоту в борошні, яка перешкоджає людському організму засвоювати мінерали та дозволяє людям легко отримувати мінеральне живлення, як кальцій, залізо, цинк тощо.

1.2 Вимоги до хлібопекарських дріжджів

Дріжджі повинні забезпечувати високу бродильну активність та виконувати швидке зброджування цукрів у тісті. Здатність дріжджів зброджувати моносахариди визначається зимазною активністю та підйомною силою. Дріжджі повинні володіти низькою осмочутливістю, витримувати високі концентрації цукру та солі в навколишньому середовищі. Здатність

дріжджів зброджувати мальтозу оцінюють за активністю мальтози.

Важливим показником є стійкість дріжджів до зберігання. Дріжджі зі зниженою стійкістю швидко втрачають ферментативну активність.

Дріжджі пекарські, які відповідають вимогам стандарту, повинні мати сіруватий колір з жовтуватим відтінком, без жовтих плям на поверхні. Консистенція дріжджів має бути щільною, вона повинна легко розриватися і не розмазуватися.

Запах і смак властиві дріжджам. Вони повинні бути без запаху цвілі й інших сторонніх запахів. Вологість - не більш як 75 %, підйомна сила - 70 хв, кислотність 100 г дріжджів у день вироблення заводом повинна бути не більш як 120, а після дванадцятидобового зберігання при 0-4 °С - не більш ніж 300 мг оцтової кислоти. Стійкість дріжджів при температурі зберігання 35 °С - не менш як 48 год.

Хлібопекарські дріжджі відносяться до категорії продуктів, що швидко псуються. При зберіганні дріжджі знаходяться в стані анабіозу, але обмінні процеси в них протікають, дихальна функція не припиняється. При диханні відбувається ферментативне розщеплення резервних поживних речовин - трегалози і розчинної фракції глікогену. Після споживання 80-90 % трегалози і 40 % глікогену в дріжджах починається розщеплення білків, настає автоліз клітини і дріжджі псуються. Чим більше в дріжджах запасного цукру трегалози, тим краще дріжджі зберігають якість. Гарні дріжджі містять 6-10 % трегалози. Накопичення цього цукру в дріжджових клітинах залежить від режиму вирощування дріжджів, повноцінності поживного середовища, температури, рН, ступеня аерації.

Протеоліз дріжджів при зберіганні прискорюється при поганому промиванні їх водою, коли в міжклітинному просторі залишаються продукти метаболізму.

Ділення ферментів і активність сторонньої мікрофлори у великому ступені залежить від температури зберігання.

Зберігаються дріжджі при температурі 1-4 °С і відносній вологості повітря 82-96 % на стелажах з розрахунку не більш 400 кг/м² площі холодильної

камери при її висоті 3 м. Холодильна камера повинна мати вентиляцію для видалення з неї надлишкової вологи. Допускається зміна маси бруска дріжджів, обумовлена відповідною зміною його вологості.

Заморожені дріжджі перед використанням необхідно піддати поступовому відтаванню при температурі 4-6 °С. В охолодженому до 2-4 °С стані дріжджі перевозять на далекі відстані в ізотермічних вагонах чи автомашинах-рефрижераторах при температурі 0-4 °С.

1.3 Огляд сепараторів дріжджової суспензії

У дріжджовому виробництві основним процесом є процес розділення неоднорідних рідин (дріжджової суспензій) на компоненти (концентрат і дріжджову бражку). Цей процес найкраще здійснюється сепаруванням. У технологічній схемі виробництва пресованих хлібопекарських дріжджів сепарування здійснюється за допомогою сепараторів.

Метод розділення рідинних продуктів вибирається в залежності від багатьох факторів: фізико-механічних властивостей, характеру складових частин систем, складу фаз і т.п.

За технологічним призначенням сепаратори поділяються на три класи: розділювачі, освітлювачі та комбіновані.

У залежності від типу барабана розрізняють сепаратори тарілчасті та багатокамерні. За способом вивантаження шламу із барабана існують сепаратори з ручним та відцентровим вивантаженням. В залежності від характеру вивантаження сепаратори бувають періодичної та неперервної дії. За конструктивним виконанням механізму вивантаження твердої фракції сепаратори поділяються на соплові, клапанні, з верхнім і нижнім розміщенням затворного елемента і з радіальним переміщенням затворного елемента. За захистом процесу сепарування від доступу повітря розрізняють відкриті, напівзакриті та герметичні сепаратори. У харчовій промисловості для

розділення рідин отримали широке розповсюдження рідинні сепаратори, які працюють за принципом тонкошарового сепарування або центрифугування.

У сепараторах вдається виділити із рідини, що центрифугується, частинки розміром 0,2–0,5 мкм при різниці густин фаз навіть менше 100 кг/м^3 .

У сепараторах–освітлювачах зважені частинки, що мають трохи більшу густину, ніж рідина, яка освітлюється, рухаються під дією відцентрових сил в напрямку до стінки барабана і накопичуються там у вигляді згущеного осаду. Осад видаляється із барабана при періодичному розбиранні його і очищенні чи шляхом неперервного спуску через спеціальні отвори.

Схема барабана сепаратора–освітлювача з конічними тарілками і принцип його роботи показані на рисунку 1.2, а.

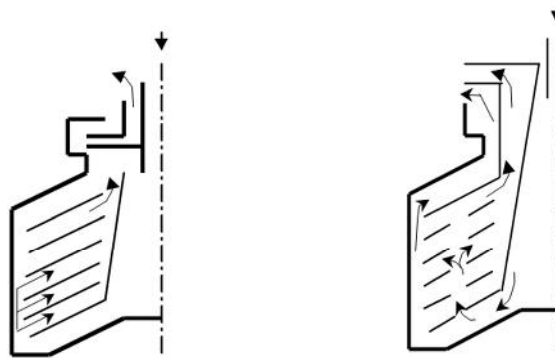


Рисунок 1.2 – Схеми барабанів сепараторів:

а) освітлювачів; б) розділювачів.

В сепараторах–розділювачах (рисунок 1.2, б) тарілки мають отвори, що утворюють в пакеті вертикальні канали, через які вихідний продукт поступає в міжтарілковий простір.

Отвори розміщені таким чином, щоб площі проєкцій на горизонтальну площину тієї частини тарілок, яка розміщена на периферії, і центральної ділянки, співвідносилися б як об'єм важкої та більш легкої фракцій, що виводяться з барабана.

Особливістю конструкції сепараторів-розділювачів є також наявність тарілки розділення, що встановлюється між пакетом тарілок і кришкою сепаратора. Така тарілка містить ребра, які утворюють канали, якими відводяться шлаки.

При роботі сепаратора вихідна рідина подається у барабан, проходить каналами між тарілкоприймачем та основою, далі каналами, які утворені отворами в тарілках, поступає в пакет тарілок.

В пакеті під дією відцентровочної сили проходить розділення рідини на легку і важку фракції. Легка фракція прагне до центру обертання барабана сепаратора, важка - до периферії. Ці дві фракції спеціальними каналами, не змішуючись, виводяться із барабана.

За способом вивантаження шламу сепаратори поділяються із ручним і центр обіжним вивантаженням. Перші можуть бути ефективно використані лише при малій вихідній концентрації твердої складової в рідині, що сепарується. Перевагою сепараторів із центр обіжним вивантаженням є збільшення тривалості їх неперервної роботи та здатність до автоматизації процесу сепарування.

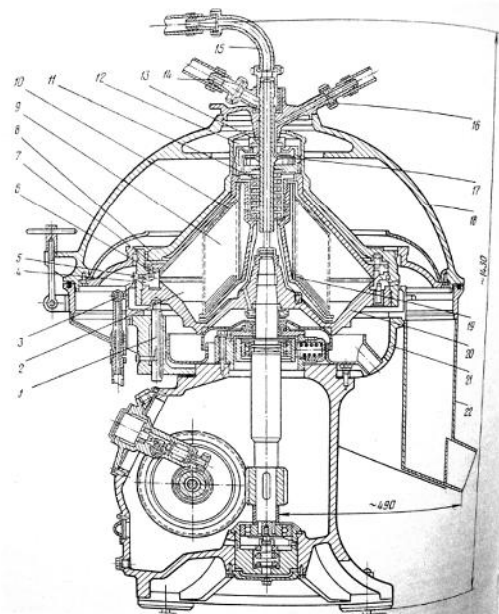
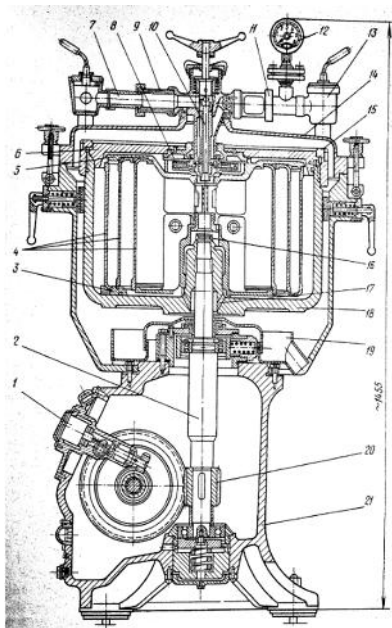


Рисунок. 1.3 – Сепаратор марки ВСМ Рисунок1.4 - Сепаратор марки ВСС

За характером вивантаження шламу, тобто за часом виконання цієї дії, сепаратори поділяються на машини періодичної, неперервної і пульсуючої дії.

У технологічній схемі виробництва пресованих хлібопекарських дріжджів сепарування здійснюється за допомогою сепараторів марок: ВСБ-М, ВСМ, ВСС, А1-ВСС, СОС-501-К, ВСЖ-2. Сепаратор марки ВСМ призначений для освітлення різних суспензій: меляси, пивного суслу, соків. Сепаратор марки

ВСС призначений для освітлення дріжджової суспензії в дріжджовому виробництві.

Технічні характеристики сепараторів приведені в табл. 1.2

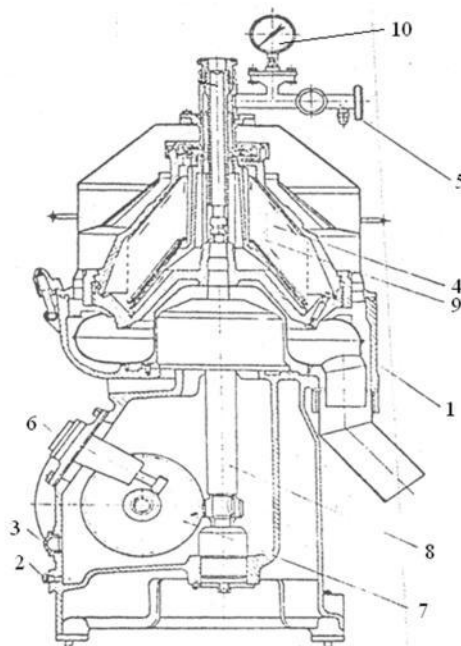


Рисунок 1.5 - Сепаратор марки ВСБ-М

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики сепараторів

Марка сепаратора	Продуктивність, л/год	Діаметр барабана сепаратора, мм	Встановлена потужність, кВт	Число тарілок, шт.	Кут нахилу тарілок, град.	Габаритні розміри, мм	Маса, кг
ВСМ	2000	516	10,0	70	50	1150×780×1350	975
ВСС	2500	605	10,0	124	50	1250×940×1450	938
ВСБ-М	1800	516	10,0	72	55	1220×750×1500	710
А1-ВВС	2500	535	11,0	70	55	1420×825×1320	672
ВСЖ-2	2500	516	10,0	72	55	1000×972×1430	740
СОС-501-К	5000	516	30,0	68	55	1710×900×1680	1370

2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Сировина для виробництва дріжджів

Дріжджі — це одноклітинні мікроорганізми, які широко поширені в природі, хоча промислове значення мають лише кілька видів. Штами виду *Saccharomyces cerevisiae* використовуються у хлібопекарстві та виробництві вин, пива та спиртних напоїв, тоді як *Candida utilis*, *Saccharomyces fragilis* і *Candida lipolytica* використовуються для виробництва харчових і кормових дріжджів з різних джерел. Дріжджі доступні або як основний продукт процесу, або як побічний продукт спиртового бродіння, де їх продаж забезпечує додатковий прибуток від основного продукту. Побічні або вторинні дріжджі непридатні для хлібопекарських цілей через їх низьку активність і наявність інших небажаних компонентів, наприклад, залишків хмелю. Проте для використання в якості харчового або кормового інгредієнта, де живі клітини не потрібні, вторинні дріжджі зазвичай дешевші у виробництві, ніж спеціально вирощений первинний продукт.

Пекарські дріжджі зазвичай вирощують на середовищі на основі патоки, яке забезпечує вуглеводи у формі, яка легко засвоюється дріжджами. Крохмалиста сировина, така як зерно, маніок, картопля та ямс, також може використовуватися, але це вимагає додаткових витрат, оскільки крохмаль спочатку має бути розщеплений до зброджуваних цукрів. Зазвичай це досягається нагріванням матеріалу для клейстеризації крохмалю та обробкою його ферментами, що розкладають крохмаль, у формі солодового зерна або препаратів, комерційно виготовлених із мікроорганізмів.

Первинні дріжджі для використання в харчових продуктах і кормах іноді виробляють із таких субстратів, як етанол або патока. Однак використання сировини з низькою або навіть нульовою вартістю, такої як потоки стічних вод від різних процесів, привернуло більше уваги через відносно низьку вартість продукту. Наприклад, *S. utilis*, який може використовувати ширший діапазон джерел вуглецю, ніж *S. cerevisiae*, вирощується на відходах сульфітного

розчину виробництва паперу та високоміцних стоках кондитерського виробництва.

Крохмалевмісні відходи переробки картоплі були використані для виробництва кормових дріжджів шляхом змішаної культури *Endomycopsis tibuligera* та *C. utilis*, а сироватка використовується для виробництва харчових дріжджів *S. fragilis*. Невідновлювані ресурси, такі як газойль і очищені напарафіни, також використовувалися у виробництві *C. lipolytica* для використання в якості інгредієнта корму для тварин.

Пекарські дріжджі є біотипом *S. cerevisiae*, який може метаболізувати цукри як аеробно, утворюючи кінцеві продукти вуглекислий газ і воду, так і анаеробно, утворюючи етанол і вуглекислий газ. Таким чином, пекарські дріжджі можна розмножувати у великих кількостях в аеробних умовах, а клітинна маса, додана до тіста, може виробляти вуглекислий газ за різних умов для закваски хлібобулочних виробів. Це основні властивості пекарських дріжджів, які роблять їх незамінними для виробництва хліба. Завдяки цьому столітньому застосуванню виробники та користувачі висунули багато специфічних вимог, а штами були відібрані з покращеними властивостями, щоб відповідати цим вимогам. Штами, які використовуються сьогодні, здатні швидко розмножуватися в умовах сильної аерації та обмеженого надходження поживних речовин. Клітини дріжджів виявляють надзвичайну толерантність до різних умов зберігання та виживають при сушінні. Пекарські дріжджі володіють сильною ферментативною активністю та розвитком смаку в різних умовах обробки.

2.2 Технологія виробництва хлібопекарських дріжджів

У виробництві пекарських дріжджів є принаймні чотири основні етапи: підготовка, бродіння, сепарація та пакування. Виробництво хлібопекарських дріжджів починається в двох окремих зонах: у лабораторії з розмноження

чистої культури дріжджів і на фабриці з підготовки ферментерів і живильного середовища.

У лабораторії, де зберігаються чисті вихідні культури, готують невелику колбу зі стерильною свіжою культурою після одного або кількох субкультиваций. Цей зразок потім інокують у перший резервуар для чистої культури. Допускається застосування двох-трьох баків зі збільшенням місткості від 50 до 400 л. Дріжджі, вироблені на попередній стадії, використовуються для посіву на наступній стадії, тоді як перенесення здійснюється в стерильних умовах. На цих ранніх стадіях розмноження головною турботою є збереження чистоти.

У ферментери чистої культури подають стерильне середовище з меляси, доповнене необхідними факторами росту, але аерація фільтрованим повітрям не працює на повну потужність під час ферментації першої партії.

Меляса часто містить значну кількість зваженого колоїдного матеріалу, який заважає процесу і повинен бути видалений шляхом осадження та центрифугування на етапі попереднього освітлення. Потім його розбавляють водою до робочої концентрації та додають такі поживні речовини, як фосфат амонію, сульфат амонію та іноді вітаміни. Середовище стерилізують для видалення забруднюючих мікроорганізмів, пропускаючи його через теплообмінник.

До Першої світової війни для промислового розмноження дріжджів використовували зернову брагу. Під час війни нестача зерна призвела до заміни його мелясою, відносно дешевим побічним продуктом виробництва тростини та бурякового цукру. Відтоді патока стала традиційним джерелом вуглецю та енергії для росту дріжджів. Зазвичай він збагачений джерелом азоту, мінералів і факторів росту. Азот додають у вигляді аміаку, його солей або сечовини; фосфор поставляється у вигляді фосфорної кислоти або фосфату амонію. Залежно від складу сирової патоки в сусло також додають певні фактори росту, найчастіше біотин. Концентровану патоку розбавляють, очищають, доповнюють іншими поживними речовинами та стерилізують перед використанням.

Дріжджовий інокулят вирощують із лабораторної маткової культури через низку все більших ферментерів, продукт з одного служить інокулятом для наступного. У виробничому ферментері дріжджі розмножуються за допомогою періодичного процесу з підживленням, у якому середовище додається до інокулята зі зростаючою швидкістю, доки ферментер не заповниться; потім вміст залишають на період до 2 годин для дозрівання перед збиранням.

Використовувані ферментери добре аеруються стерильним відфільтрованим повітрям, рН підтримується на постійному значенні (зазвичай між 4 і 6), а утворення піни обмежується механічним руйнуванням або додаванням хімічних протипінних речовин. Змійовики охолодження або подібні пристрої встановлюються для видалення великої кількості тепла, що виділяється під час бродіння, і підтримки температури на рівні від 25°C до 35°C. Загальний час етапу виробництва 9-15 годин.

Дріжджові клітини відокремлюють від середовища, промивають і концентрують у серії центрифуг. Отриманий дріжджовий крем, який містить приблизно 20% мас. за об'ємом твердих речовин дріжджів, зберігається в охолодженому резервуарі перед фільтруванням на ротаційному вакуумному фільтрі. На цій стадії дріжджі знаходяться у формі коржа, що містить 28-30% за вагою сухих речовин дріжджів.

Потім пресовані хлібопекарські дріжджі змішують з невеликою кількістю емульгаторів і рослинних олій, екструдують через насадку і нарізають за розміром. Активні висушені дріжджі екструдують через шнековий прес для отримання гранульованого продукту, який потім сушать на повітрі при 40-50 °C у повітряній сушарці з киплячим шаром або іншій системі сушіння при низькій температурі. Низькотемпературне сушіння для збереження життєздатності не є необхідним при виробництві кормових дріжджів, їх сушать при високих температурах у барабанній сушарці.

Пекарські дріжджі зазвичай виробляють у багатоступінчастий процес. Під час збільшення масштабів вводять сильну аерацію та додаткову підгодовлю. Повномасштабна ферментація проводиться у великих (100 м³ або більше) резервуарах. Існують великі варіації розмірів і форм ферментерів. Однак

важливою вимогою в їх конструкції є забезпечення максимальної аерації, оскільки саме перенесення кисню зазвичай є фактором, що обмежує швидкість розмноження дріжджів. Зазвичай використовуються механічні та барботерні системи аерації. Під час аеробного росту дріжджів виділяється значна кількість тепла, і ефективна система охолодження також є невід'ємною частиною ферментера. Суворі вимоги до гігієни визначають загальну конструкцію ферментера та матеріали, які в ньому використовуються. Засоби для прибирання на місці завжди інтегровані.

Після очищення та дезінфекції ферментер подається водою, в якій суспендовані чисті посівні дріжджі, потім змішується з суслом, і розмноження починається з енергійної аерації. «Бродіння» пекарських дріжджів є типовим періодичним процесом із живленням, у якому після початку розмноження поживні речовини подаються поступово, підтримуючи весь час дуже низьку концентрацію цукру при повній аерації. Протоколи щодо швидкості подачі поживних речовин, температури, рН та аерації спеціально встановлені та суворо контролюються для оптимізації врожайності, продуктивності та якості продукції. Особлива увага приділяється запобіганню недоаерації, яка призводить до надмірного спиртоутворення та зниження продуктивності.

Для економічного виробництва хлібопекарських дріжджів необхідне інструментальне керування та автоматизація процесу. Відповідні датчики та комп'ютерні програми тепер дозволяють контролювати найскладніші системи ферментерів. Виробники хлібопекарських дріжджів, однак, повинні враховувати хлібопекарську якість (стабільність і активність) продукту, якої можна досягти за рахунок продуктивності. Як задовільний компроміс, на завершальній стадії бродіння припиняють подачу поживних речовин і продовжують аерацію протягом приблизно години. У цей період дозрівання поліпшуються властивості пекарських дріжджів. Азотне голодування підвищує стійкість, але знижує бродильну активність. Наприкінці типового бродіння вміст дріжджів може коливатися від 3 до 8%, що означає вихід приблизно 20 000–30 000 кг свіжих дріжджів за одну порцію розмноження при 28–30 °С протягом 12–18 годин.

Спроби запровадити безперервне бродіння в промислових масштабах залишилися безуспішними. Хоча безперервні системи можна підтримувати з максимальною врожайністю, гарної якості продукту можна досягти лише за допомогою режимів розмноження, які важко піддаються безперервній культурі. Крім того, проблема запобігання забрудненню підвищує вартість і робить процес економічно недоцільним.

Наприкінці кожного періоду періодичного розмноження з підживленням дріжджові клітини вилучають із відпрацьованого середовища центрифугуванням. Промивання водою здійснюється між двома проходами через відцентрові сепаратори. Отримують дріжджові вершки з сухою масою 18-20%, які можуть зберігатися в ємностях з перемішуванням при 2-4 °C протягом декількох днів без втрати якості.

Дріжджові вершки додатково згущують шляхом фільтрування на ротацийних вакуум-фільтрах або фільтр-пресах. Фільтруванням виходить дріжджовий пиріг з вмістом сухої речовини приблизно 27–30%.

Після фільтрації дріжджовий шрот змішують з оліями, емульгаторами та невеликою кількістю води, потім пресують й екструдують у блоки або гранулюють для масового розподілу. Олія та емульгатори покращують зовнішній вигляд продукту та сприяють формуванню блоків (екструзія, різання).

2.3 Розроблення автоматизованої системи сепарації дріжджів

2.3.1 Розроблення автоматизованої системи виготовлення сухих дріжджів

У даному проекті пропонується здійснити керування роботою системи сепарації дріжджів за допомогою персонального комп'ютера й лінії передачі даних, що зв'язує між собою комп'ютер і периферійні пристрої. Приймання даних від датчиків і передача їх на виконавчі пристрої, до яких відносяться магнітні пускачі, що керують роботою

електропривода, а також запірні регульовальні перемикаючі клапани й арматури перемикання потоків дріжджів здійснюється за допомогою протоколу передачі даних RS458 на пристрої входу – виходу МВА8 і МВУ8. Керування також можливе й у ручному режимі за допомогою командних кнопок зі світловою сигналізацією стану, які розміщені на щиті керування.

Оператор стежить за роботою установки по монітору комп'ютера, а також, при необхідності, безпосередньо біля установки по індикаторах щита ручного керування.

Контроль рівня рідких дріжджів, а також кількості промивної води або сольового розчину для знегірчування здійснюється шляхом безперервного зважування промивного чана. Це дозволяє обробляти різну кількість дріжджів залежно від їхньої кількості й робити дозування сольового розчину й промивної води відповідно до виробничих потреб.

Система арматур, керована програмно, дає можливість використовувати чан як ємність для промивання на всіх її етапах, відводячи відсепаровані дріжджі в бак-накопичувач. Після спустошення чана і його промивання водою дріжджі направляються назад у чан для наступного етапу знегірчування.

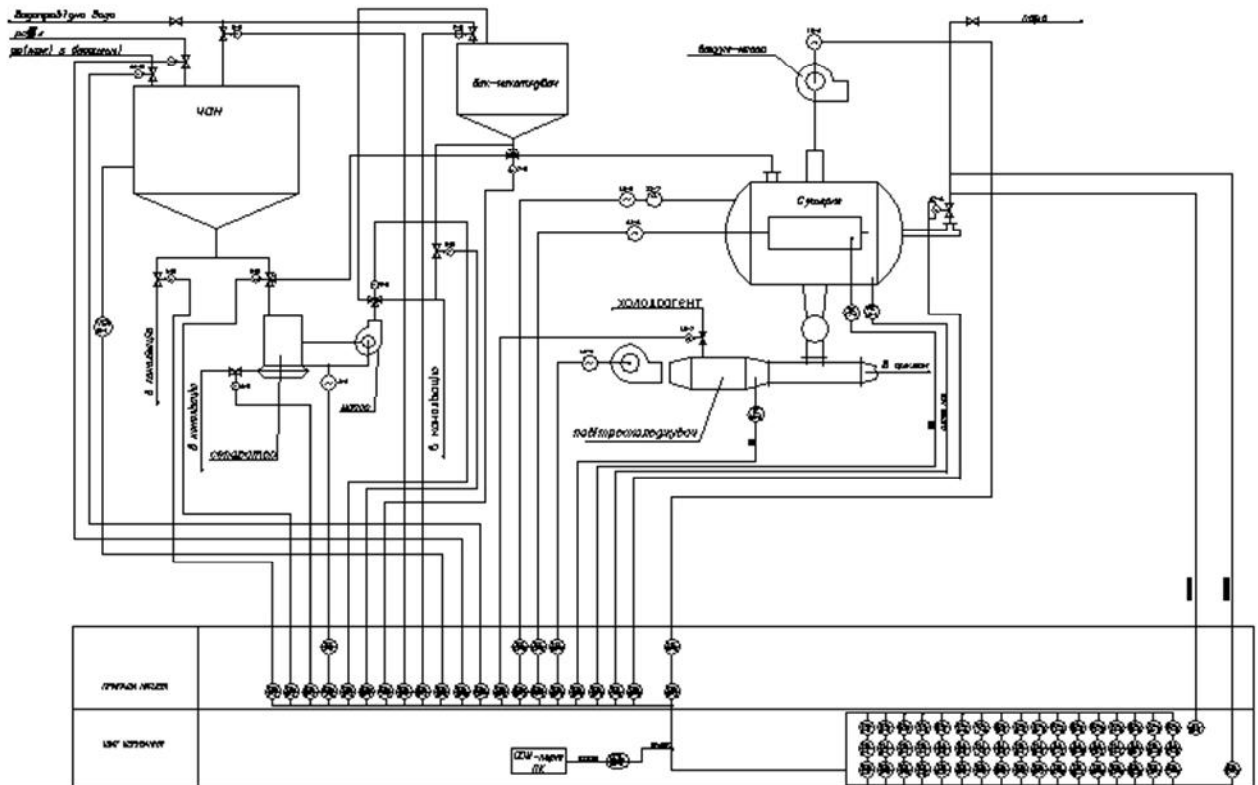


Рисунок 2.1 – Функціональна схема автоматизації сепарації сухих дріжджів

Дана система дозволяє гнучко регулювати сам процес сушіння за допомогою контролю й зміни температури вальців. На жаль, у цей момент відсутні датчики безпосереднього контролю якості сухих дріжджів. При цьому можливо використання звукових, оптичних і інших типів датчиків для непрямого контролю зрізування плівки сухих дріжджів. Для цього немає необхідності в корінних змінах системи, досить лише підключити датчики до модулів введення МВА8, що мають аналогові входи, і внести зміни в програму обробки. Таким чином, система є гнучко налаштованою і керованою. При цьому здійснюється:

- контроль тиску обігрівуючої пари за допомогою електроконтактного манометра, межа вимірювання $0\text{--}2,5 \text{ кг/см}^3$;
- регулювання тиску обігрівуючої пари за допомогою електричного виконавчого механізму МЭП–2000–100;
- вимірювання температури в сушильній камері за допомогою термоперетворювача опору ТСМ – 605, межа вимірювання $-50\text{...}+180^\circ\text{C}$;

- регулювання температури в сушильній камері шляхом зміни подачі обігрівальної пари за допомогою виконавчого механізму КГЭ – П;
- вимір температури охолодженого повітря, що надходить у пневмоустановку за допомогою термоперетворювача опору ТСМ–605, межа вимірювання якого $-50...+180^{\circ}\text{C}$;
- контроль вакууму в сушильній камері за допомогою мановакуумметра ДМЭ–В;
- контроль рівня продукту в прийомному чані за допомогою тензодатчика МНС–2;
- перетворення сигналів з датчиків у сигнали інтерфейсу RS458 за допомогою модулів входів МВА8;
- керування виконавчими механізмами за допомогою модулів виходів МВУ8;
- перетворення інтерфейсів RS458 і RS232, а також зв'язок модулів входів – виходів із ПК за допомогою пристрою АС3;
- перетворення інтерфейсів RS458 і USB, а також зв'язок модулів входів – виходів із ПК за допомогою пристрою АС4;
- керування пристроями за допомогою програмного забезпечення OPM V2 на базі Windows з персонального комп'ютера через COM – порт.

При необхідності дану систему автоматизації можна поєднувати з іншими комп'ютерами керування виробництвом у мережу для кращого узгодження роботи й керування підприємства.

2.3.2 Розроблення функціональної схеми автоматизації сепарації хлібопекарських дріжджів

Розв'язок проблеми збільшення виробництва дріжджів пов'язаний не лише з покращенням технології, але й з розробкою нових методів переробки сировини, що забезпечують найбільш повне використання сировини, зменшення втрат, збільшення виходу і якості готової продукції, зменшення витрати енергоресурсів. В значній мірі вирішити ці питання дозволяє

використання автоматичних пристроїв, розробка і впровадження автоматизованих систем керування технологічними процесами.

Дріжджовий концентрат, одержаний після сепаратора 1, надходить у збірник 7 умовно чистої промивної води обладнаний змієвиком, через який пропускають холодний розсіл для охолодження концентрату до температури від +4 до +6 °С. Зі збірника дріжджовий концентрат насосом 8 відкачують у теплообмінник 5 де також охолоджують холодним розсолем. Охолоджений дріжджовий концентрат надходить у фільтр-прес 2. Об'єм дріжджового концентрату повинен складати не більш 5-6 % від первісного об'єму зрілої бражки.

Відпресовані на фільтр пресах дріжджі шнековим транспортером 4 подають до формувальної машини 6, а далі до автоматів які їх упаковують. Розфасовані і загорнені в папір дріжджі вкладають в ящики. Загальна маса дріжджів в одному ящику не повинна перевищувати 12 кг.

Споживачу відпускають дріжджі, охолоджені до температури, що не перевищує 4°С.

Вироблені дріжджі повинні відповідати вимогам ТУ У 18.455 на дріжджі хлібопекарські пресовані.

Завдання на розробку схеми автоматизації подано в таблиці 2.1.

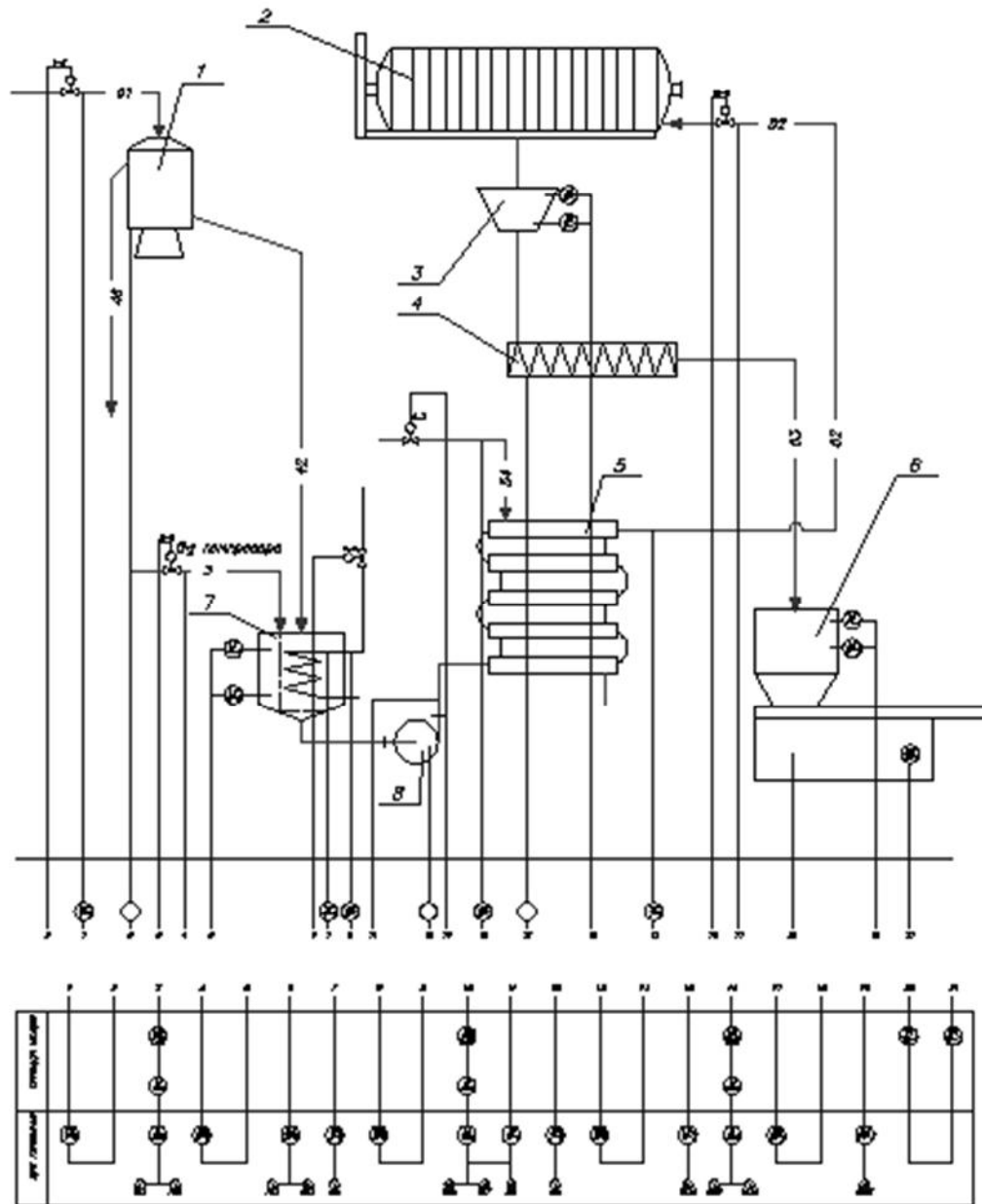


Рисунок 2.2 – Функціональна схема автоматизації сепарації хлібопекарських дріжджів

Таблиця 2.1 – Умови при розробці схеми автоматизації сепарації хлібопекарських дріжджів

№ п/п	Машина, агрегат, апарат	Параметр, місце зняття сигналу	Допустимі значення параметру	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Додаткові вимоги
1	Канал дріжджів	Витрата	0,8 кг/с	Контроль Регулювання	Сигналізація Підтримка в заданому діапазоні	Світлова Дія на запірну арматуру
2	Електропривод сепаратора	Стан		Контроль Управління	Сигналізація Ручне, дистанційне	Світлова Пуск, зупинка
3	Канал стисненого повітря	Витрата	20 м ³ /с	Контроль Регулювання	Сигналізація Підтримка в заданому діапазоні	Світлова Дія на запірну арматуру
4	Канал холодо-агента	Витрата	1,4 кг/с	Контроль Регулювання	Сигналізація Підтримка в заданому діапазоні	Світлова Дія на запірну арматуру
5	Збірник дріжджів	Рівень	1,8 ± 0,01	Контроль Регулювання	Сигналізація Підтримка в заданому діапазоні	Світлова Дія на запірну арматуру
6	Трубопровід насоса для дріжджів	Тиск	0,15 МПа	Контроль Регулювання	Сигналізація Підтримка в заданому діапазоні	Світлова Дія на насос
7	Електропривод насоса для дріжджів	Стан		Контроль Управління	Сигналізація Ручне, дистанційне	Світлова Пуск, зупинка
8	Канал входу холодо-агента в теплообмінник	Витрата холодоагента	1,12 кг/с	Контроль Регулювання	Сигналізація Підтримка в заданому діапазоні	Світлова Дія на запірну арматуру
9	Канал виходу дріжджів з теплообмінника	Температура	4 С	Контроль	Сигналізація Зняття показів	Світлова
10	Канал дріжджів у фільтр-прес	Витрата	0,6 кг/с	Контроль Регулювання	Сигналізація Підтримка в заданому діапазоні	Світлова Дія на запірну арматуру
11	Збірник дріжджів	Рівень	1,5 ± 0,01	Контроль	Сигналізація	Світлова
12	Електропривод шнека	Стан		Контроль Управління	Сигналізація Ручне, дистанційне	Світлова Пуск, зупинка
13	Резервуар фасувального автомата	Рівень	0,65 ± 0,01	Контроль	Сигналізація	Світлова

Схемою автоматизації передбачено контроль температури дріжджів, автоматичну подачу дріжджів, контроль за роботою обладнання, сигналізацію про відхилення від заданих показників у роботі обладнання, автоматичне вимикання електрообладнання при припиненні подачі дріжджів.

Робота насоса контролюється показами електроконтактного манометра 6-1 типу ДМЭ–И, при цьому загоряється лампа HL4 на щиті керування. При виникненні нештатних ситуацій подається сигнал, що шляхом магнітного пускача КМ2 вимикає електродвигун насоса. Сигнальні лампочки HL6, HL7, HL8 сигналізують про роботу насоса.

Температура дріжджів та холодоагента по ходу схеми контролюється термоперетворювачами опору 4-1 та 7-1 типу ТСМ–605 та мостами автоматичними 4-1 та 7-1 типу КСМЗ–П.

По ходу технологічного процесу здійснюється контроль і регулювання витрати робочих середовищ. Витрати у позиціях 1-1, 1-2, 5-1, 5-2, 8-1 і 8-2 вимірюються електромагнітними витратомірами Emerson Rosemount 8700 з перетворювачем 8732E. Регулюючі механізми GX Fisher у позиціях 1-3, 5-3, 8-3 здійснюють регулювання витрати відповідних середовищ.

Керування електродвигуном сепаратора проводиться також по місцю кнопковою станцією SB1, з щита керування – SB2. Сигнальні лампочки HL1, HL2 сигналізують про роботу електродвигуна.

Автоматичні вимірювання і сигналізація (3-3, 9-3 та 11-3) рівня дріжджів здійснюється ультразвуковим рівнеміром Rosemount 3100 (Emerson), датчики яких 3-1, 3-2, 9-1, 9-2, 11-1, 11-2 розміщено у відповідних резервуарах. Лампи HL3, HL4, HL10, HL13 сигналізують про досягнення відповідного рівня.

Тиск в пневмосистемі фасувального автомату контролюється за допомогою електроконтактних манометрів ДМЭ–И.

Автоматизація технологічного процесу сепарації хлібопекарських дріжджів забезпечує підвищення продуктивності праці, зниження виробничих втрат, забезпечує стабільну якість продукції, покращує умови роботи.

2.3.3 Вибір обладнання автоматизованої системи сепарації дріжджів

2.3.3.1 Пристрої автоматичного вимірювання тиску

Контроль тиску обігрівачої пари здійснюватиметься за допомогою електроконтактного манометра ДМЭ-И (рис.2.3). Контроль вакууму в сушильній камері - за допомогою мановакуумметра ДМЭ-В.

Манометр ДМЭ із трубчастою пружиною, електроконтактний призначений для вимірювання тиску газоподібних і рідких, не сильно густих середовищ, що не кристалізуються, не агресивних стосовно нержавіючої сталі. Забезпечують керування зовнішніми електричними колами від пристрою сигналізації прямої дії шляхом включення або викл контактів у схемах автоматики й блокування технологічних процесів.



Рисунок 2.3 – Манометр електроконтактний ДМЭ

Основним вузлом системи манометрів є пружина, виконана у вигляді трубки. При зростанні тиску пружина розгинається і перетворюється за допомогою передавального механізму в обертання стрілки, що показує, щодо шкали циферблата манометра.

Манометри ДМЭ мають електричні контакти (індуктивні або з магнітним підтисканням), які встановлюються при експлуатації на будь-яке значення тиску в межах шкали манометрів, забезпечуючи керування зовнішніми електричними колами від пристрою, що сигналізує, прямої дії шляхом переключення контактів схем сигналізації й блокування.

Область застосування: Системи водопостачання, газопостачання, а також у хімічній, нафтохімічній, нафтогазовій, фармацевтичній, харчовій

промисловості, теплоенергетику, машинобудуванні, приладобудуванні, капітальнім будівництві й т.п.

Номинальний діаметр корпусу: 100, 150 мм.

Клас точності: 1; 1,5.

Діапазони вимірів: мінус 0,1...250 МПа (-1...2500 кгс/см²) або інші еквівалентні одиниці тиску.

Припустимі температури навколишнього середовища: - 40...+65 °С; вимірювальне середовище: максимум +100 °С (без заповнення корпусу).

Рекомендовані діапазони вимірів тиску: Вимірюваний тиск до 75% від кінцевого значення шкали.

Чутливий елемент: Трубчаста пружина Бурдона, нержавіюча сталь.

Приєднання: Нержавіюча сталь, штуцер знизу, ексцентрично позаду (мідний сплав, штуцер знизу, ексцентрично позаду, по запити).

Електричні контакти: Срібло-нікелевий сплав.

Ступінь захисту: IP65.

2.3.3.2 Пристрої автоматичного вимірювання температури

Термоперетворювача опору ТСМ–605 (рис.2.4). Для одночасного вимірювання температури однієї точки двома приладами застосовуються подвійні термоперетворювачі опору, у які вбудовано два електричних ізольовані один від одного чутливих елемента.

Термоперетворювачі або датчики температури є первинною частиною пристрою, що безупинно перетворює температуру в конкретне значення опору або термо-ЕРС, використовуване вторинним пристроєм для виміру, контролю або регулювання температури. У термоперетворювачах мідних (ТСМ) використовується залежність опору від температури.

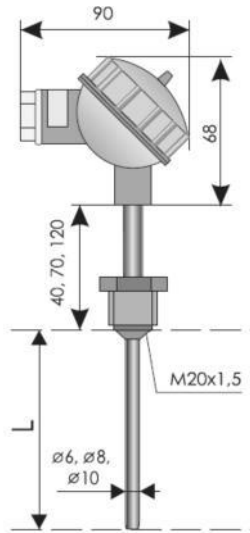


Рисунок 2.4 – Термоперетворювачі опору TCM-605

Основні технічні параметри:

- Робочий діапазон температур, °C: -50...+180.
- Показник інерції, с: 18...25.
- Максимальний тиск, МПа: 0...6,3.
- Матеріал захисної арматури: сталь 12Х18Н10Т.

2.3.3.3 Пристрої автоматичного вимірювання ваги та рівня

Контроль ваги продукту в прийомному чані здійснюватиметься за допомогою тензодавача CAS MNC-2. Тензодавачі CAS MNC-2 призначені для вимірювання навантаження шляхом перетворення зусилля деформації твердого тіла в електричний сигнал.



Рисунок 2.5 – Тензодатчик CAS MNC-2

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики тензодавача CAS MNC-2

Параметр	Значення
Номінальне навантаження	50кг, 100кг, 200кг, 500кг, 1т, 2т, 5т, 10т, 20т
РКП номінальний, мВ/В	2.0±0.005
Нульовий сигнал мВ/В	0±0.06
Загальна помилка, %	0.15
Повторюваність, %	0.05
Повзучість (30 хв), %	0.03
Температурний дрейф нуля, %/10°C	0.05
Температурний дрейф сигналу, %/10°C	0.10
Напруга живлення номінальна, В	10
Напруга живлення максимальна, В	15
Опір вхідний, Ом	420 ±30
Опір вихідний, Ом	350 ±3.5
Опір ізоляції, МОм	>2,000
Температурний діапазон з компенсацією температурного дрейфу, °С	-10.. +40
Експлуатаційний температурний діапазон, °С	-20 .. +80

Автоматичні вимірювання і сигналізація (3-3, 9-3 та 11-3) рівня дріжджів здійснюється ультразвуковим рівнемірором Rosemount 3100 (Emerson)

Ультразвуковий рівнемір Emerson Rosemount 3100 призначений для вимірювання рівня рідини в резервуарах, а також розрахунку об'єму й витрати у водозбірниках та відкритих каналах.



Рисунок 2.6 – Рівнемір Rosemount 3100

Рівнеміри Rosemount працюють на основі ультразвукової технології й призначені для виміру рівня рідини. Ультразвукові імпульси випромінюються

пристроєм, поширюються в напрямку до рідини й відбиваються від її поверхні. Рівнемір вловлює відбиті ехо-сигнали й вимірює інтервал між передачею випроміненого й прийманням відбитого сигналів. На підставі цього тимчасового інтервалу пристрій розраховує відстань до поверхні рідини.

Основні технічні характеристики:

- Вимірювані середовища: рідкі.
- Діапазон вимірювань: від 0,3 до 11 м;
- Вихідні сигнали $\pm 4-20$ мА;
- Hart-протокол;
- Розрахунок у водозбірниках та відкритих каналах об'єму й витрати;
- Наявність релейних виходів.

Особливості:

- недороге й надійне рішення для забезпечення
- безперервного виміру рівня;
- просте введення в експлуатацію й використання;
- рухливих частин і частин, що контактують із середовищем;
- відсутність необхідності в калібруванні;
- мінімальний час простоїв;
- наявність вбудованого дисплея й кнопок для конфігурування в стандартній комплектації;
- наявність двох вбудованих реле для оповіщення й контролю;
- наявність вбудованого датчика температури;
- функція автоматичної температурної компенсації;
- функція динамічної температурної компенсації за допомогою виносного датчика температури.

2.3.3.4 Пристрої автоматичного вимірювання витрати

Витрати рідин вимірюються електромагнітними витратомірами Emerson Rosemount 8700 з перетворювачем 8732E.

Електромагнітні витратоміри Rosemount 8700 (рис.2.7) призначені для вимірів об'ємних витрат електропровідних рідин. Набули широкого застосування в системах автоматичного контролю й керування технологічними процесами в енергетичній, хімічній, харчовій, паперовій й ін. галузях промисловості.



Рисунок 2.7 – Витратомір електромагнітний Rosemount 8700

Основні переваги:

- висока точність вимірювань;
- широкий типорозмірний діапазон;
- різноманітні матеріали електродів;
- малі втрати тиску;
- вимірювання витрати агресивних середовищ (кислоти, луги);
- відсутність рухомих частин;
- пряма ділянка трубопроводу витрато-вимірювання 5Dy, після - 2Dy.

Бездротові рішення Smart Wireless - можливість бездротової передачі даних за допомогою Thum-Адаптера.

Основні технічні характеристики:

Вимірювані середовища: рідини з електропровідністю не менш 5 ксм/см;

Умовний прохід Dy (DN) від 4 до 900;

Межі основної відносної похибки:

$\pm 0,25\%$ - стандартне виконання;

$\pm 0,15\%$ - високоточне калібрування

Тиск вимірюваного середовища до 40 МПа

Вихідні сигнали:

- 4-20 мА з Hart-Протоколом;

- частотно-імпульсний;

- Foundation Fieldbus;

- Profibus PA.

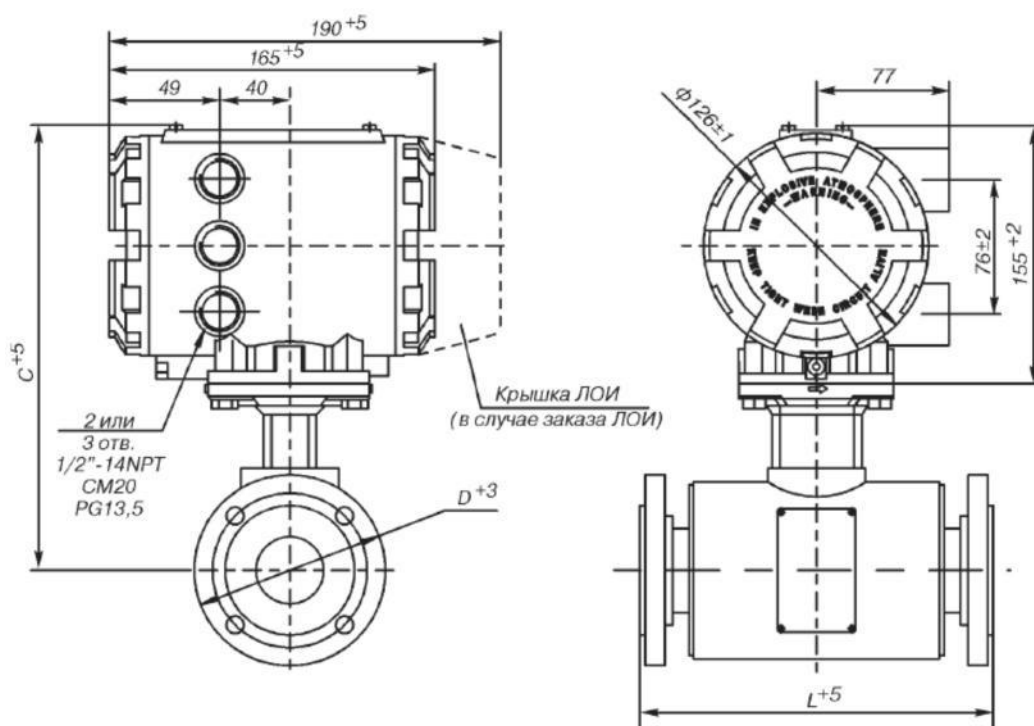


Рисунок 2.8 – Витратомір Rosemount 8700 із сенсором 8705 і перетворювачем 8732E

Витратоміри електромагнітні Rosemount 8700 складаються із сенсора витрати й перетворювача. Сенсор витратоміра безпосередньо встановлюється у трубопровід та являє собою трубу з нержавіючої сталі.

На трубі встановлено дві котушки збудження (КЗ) і два ізольовані від труби електроди. Електроди й КЗ герметично захищені кожухом, до якого кріпиться стійка, на якій розміщена плата із клемми підключення перетворювача. У корпусі перетворювача встановлені електронний блок, локальний інтерфейс оператора, клеми вихідних сигналів, клеми заземлення та живлення.

Електромагнітний витратомір працює за рахунок взаємодії рухомого провідника (електропровідна рідина) з магнітним полем, згідно із законом Фарадея (електромагнітної індукції): у провіднику, що рухається перпендикулярно напрямку магнітного поля, виникає електрорушійна сила (ЕРС), пропорційна швидкості руху провідника. При цьому напрямок ЕРС перпендикулярне як до напрямку руху провідника, так і до напрямку магнітного поля.

Магнітне поле формується за допомогою КЗ. Різниця потенціалів ЕРС вимірюється перетворювачем за допомогою електродів витратоміра, розташованими врівень із футером або, які мають виступаючу конічну форму. Вимірювана різниця потенціалів підсилюється й обробляється перетворювачем, після чого відбувається формування вихідних сигналів витратоміра.

Перетворювачі віддаленого монтажу 8712Е і 8712Н мають зручний у використанні локальний інтерфейс оператора. 15-елементна клавіатура забезпечує доступ до функцій, що найбільше часто використовуються, а на дисплей, що складається з 2 рядків по 16 знаків у кожному, виводиться вся необхідна інформація:

- поточне значення об'ємної витрати;
- поточна швидкість потоку вимірюваного середовища;
- процентне значення поточної витрати;
- поточне значення лічильника витрати й т.п.;
- діагностичні повідомлення.

2.3.3.5 Виконавчі пристрої

Регулювання температури в сушильній камері шляхом зміни подачі обігрівуючої пари за допомогою виконавчого механізму КГЭ-П.

При включенні клапана на закриття штоухач привода рухається вниз разом зі штоком клапана. При досягненні певного зусилля ущільнення спрацьовує запобіжна муфта, яка виключає електродвигун. У триходовому клапані робоче середовище подається на середній вхід. При русі штока клапана разом з тарілкою до нижнього або верхнього крайнього положення відкриваються відповідно верхній або нижній виходи.



Рисунок 2.9 – Клапан серії КГЭ-П

Опис швидкодіючих запірних і розподільних клапанів серії КГЭ-П

1. Приєднувальні розміри й фланцеві з'єднання (із круглим різьбленням Rd) відповідають міжнародним стандартам ISO.
2. Електровузол герметично закритий і захищений від влучення вологи й пилу (ступінь захисту IP 45)
3. Промивання клапанів може здійснюватися в нерозбірному стані

4. Є ручний дублер керування.
5. У комплект входять "коронні" відповідні гайки й ніпелі під приварку.
6. Можлива установка патрубків по вертикальній осі відносно один до одного під будь-яким кутом.

Технічні характеристики клапанів серії КГЭ-П:

1. Діаметр умовного проходу DN - 25, 32,50 мм;
2. Основний конструкційний матеріал:
 - корпуса і штока - нержавіюча сталь 12Х18Н10Т;
 - ущільнювачів - харчова гума;
 - чепцевого вузла - фторопласт Ф 4.
3. Параметри надійності:
 - середній наробіток на відмову - 4 000 циклів "відкрите-закрите",
 - середній ресурс - 50 000 циклів,
4. Температура середовища:
 - робочої - до + 95 °С;
 - промивної - до +1400С (короткочасно).
5. Робочий тиск - до 0,8 МПа (8 кг/см²),
6. Перепад тиску:
 - DN-25 — 0,8 МПа;
 - DN-32 — 0,8 МПа;
 - DN-50 — 0,5 МПа;
7. Час спрацьовування:
 - запірнього - не більш 4 с.;
 - розподільного - не більш 6 сек.
8. Живлення від однофазної мережі змінного струму U = 220 В, 50 Гц;
9. Споживання електроенергії - тільки в момент перемикання.
10. Керування клапаном може здійснюватися як у ручному, дистанційному, так і в автоматичному режимах.

Регулювальний клапан і привод GX Fisher

Регулювальний клапан конструкції GX Fisher складається із клапана й привода. Клапан GX застосовується в різноманітних середовищах: рідина, газу й пари. Клапан конструкції GX характеризується надійністю й зручністю. Привід клапана визначається залежно від конструкції корпусу клапана.



Рисунок 2.10 - Регулювальний клапан GX Fisher

Регулювальний клапан конструкції GX являє собою односідельний клапан з напрямком потоку нагору, із сідлом, що вгвинчується, з одним із трьох типів трима: з напрямним сідлом, з розвантаженим плунжером і з напрямляючої по штоку. Клапани розмірів 80, 100 і 150 (3, 4 і 6 дюймів) також мають конструкцію з розвантаженим тримом для зниження вимог до зусилля привода.

У клапані GX застосовується кришка, що притискається приводом, а також легко регульована різьбова грундбукса. Плунжер і шток являють собою міцний нероз'ємний зварений вузол. Для роботи з корозійноактивними середовищами передбачене виконання зі сталітовими поверхнями запірної частини, що мають підвищену твердість.

У конструкції GX стандартно використовується чепцеве ущільнення штока з V-подібних ПТФЕ кілець. Самоущільнююча система забезпечує дуже добре ущільнення штока і термін служби. Самоущільнюючий сальник із

графіту низького тертя і видовжена кришка можуть працювати при високих температурах.

Стандартно для виготовлення корпусів клапанів GX використовується вуглекисла й нержавіюча сталі. У клапанах з розмірами корпусів від 15 до 100 для роботи з агресивними середовищами можуть використовуватися різні сплави.

2.3.3.6 Програмований логічний контролер

Повноцінний програмувальний контролер ОВЕН ПЛК63 призначений для простих завдань автоматизації. Відмінною рисою контролера ПЛК63 є дисплей і кнопки керування, що дозволяють організувати керування системою на пряму із панелі ПЛК.



Рисунок 3.11 - Програмувальний контролер ОВЕН ПЛК63

Контролер ПЛК63 призначений для створення систем автоматизованого керування технологічним устаткуванням в енергетику, у різних галузях промисловості та сільського господарства.

Логіка роботи ПЛК63 встановлюється споживачем під час програмування ПЛК.

Завдяки своїм функціям ПЛК може використовуватися як:

- спеціалізований пристрій керування;
- об'єкт;
- пристрій моніторингу локалізованого об'єкта;

- спеціалізований пристрій керування й моніторингу.
У контролері реалізовані наступні функції:
- виконання користувацької програми роботи контролера (створеної в середовищі «Codesys 2.3»);
- зняття обмірюваних значень із вбудованих аналогових і дискретних входів з наступною передачею їх у користувацьку програму;
- керування вбудованими ВУ контролера з користувацької програми;
- розширення кількості вихідних пристроїв з використанням модуля MP1, що підключається до контролера по спеціальному інтерфейсу;
- обмін даними по інтерфейсах RS-485 і RS-232;
- відображення символічних даних, формованих у користувацькій програмі, на ЖКІ;
- відлік реального часу вбудованим годинником з автономним джерелом живлення;
- настройка параметрів функціонування вбудованих входів, виходів і іншого периферійного встаткування контролера й збереження значень конфігураційних параметрів в енергонезалежній пам'яті:
 - зміна значень конфігураційних параметрів контролера на ЖКІ за допомогою вбудованої клавіатури;
 - зміна значень параметрів із середовища програмування Codesys.

2.3.3.7 Перетворювачі сигналів

Перетворення сигналів з датчиків у сигнали інтерфейсу RS485 здійснюватиметься за допомогою модулів входів МВА8.

Восьмиканальний вимірювальний модуль МВА8 систем керування по мережі RS485 використовується в якості модуля розширення входів для ОВЕН ПЛК або програмувальних контролерів інших виробників.



Рисунок 2.12 – Восьмиканальний вимірювальний модуль MVA8

У MVA8 встановлений модуль RS-485 дозволяє:

- конфігурувати прилад на ПК;
- здійснювати в мережі обмін поточними значеннями вимірюваних величин, а також програмованих параметрів.

Підтримка розповсюджених протоколів Modbus і DCON дозволяє MVA8 працювати в одній мережі з контролерами й модулями як фірми OVEN, так і інших виробників.

При інтеграції MVA8 в АСУ ТП у якості програмного забезпечення можна використовувати SCADA-систему. Модуль оснащено восьмима універсальними входами, до яких можуть бути підключені первинні перетворювачі. Керування виконавчими механізмами здійснюватиметься за допомогою модулів виходів MBY8.

Управляющий модуль вывода OVEN MBY8 (рис.2.19)

Восьмиканальний модуль керування виконавчими механізмами по мережі RS485 (протоколи Modbus, DCON, OVEN).

Модуль MBY8 може використовуватися:

- у якості віддаленого блоку вихідних обладнань для Scada або ПЛК;
- для інтелектуального керування виконавчими механізмами.



Рисунок 2.13 – Восьмиканальний керуючий модуль MBU8

У MBU8 використовується інтерфейс RS485, який дозволяє:

- конфігурувати прилад на ПК;
- фіксувати стан вихідних елементів приладу;
- одержувати з мережі значення стану дискретних виходів і скваженість ШІМ (при безпосередньому керуванні виходами MBU8 і MP1), а також програмованих параметрів.

У MBU8 передбачена можливість безпосередньо управляти вихідними елементами (ВЕ) і підключеними до них виконавчими механізмами через мережу RS485. Завдяки цьому MBU8 легко адаптується в будь-якій Scada-системі в якості модуля виходів.

Інтелектуальний модуль виводу MBU8 по мережі RS-485 дозволяє управляти різними виконавчими механізмами:

- 2-х позиційним виконавчим механізмом (ТЕНом, клапаном, електродвигуном).
- 3-х позиційним виконавчим механізмом з датчиком положення.
- 3-х позиційним виконавчим механізмом без датчика положення.
- виконавчим механізмом з аналоговим керуванням.
- складною системою виконавчих механізмів.

У випадку аварії СК прилад переводить підключені виконавчі механізми у безпечний режим.

Перетворення інтерфейсів RS458 і RS232, а також зв'язок модулів входів – виходів із ПК здійснюється за допомогою пристрою АСЗ.

Перетворювач інтерфейсів АС 3 (рис.2.20) призначений для перетворення сигналів провідного обладнання з інтерфейсом RS-232 (Сом-порт комп'ютера), у сигнали, призначені для віддалених пристроїв (терморегулятори, лічильники й ін.) з інтерфейсом RS-485. АС3 використовують для побудови мереж, призначених для контролю й керування різним обладнаннями.

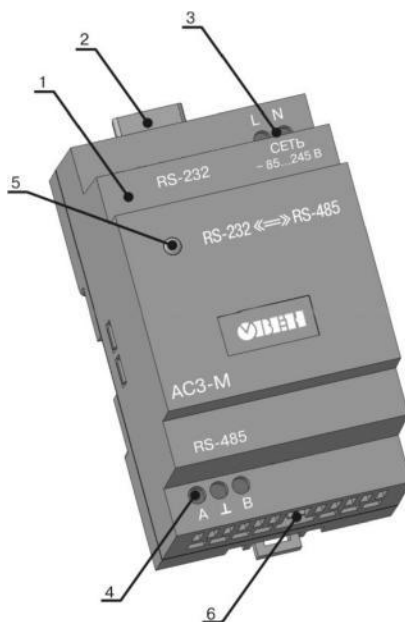


Рисунок 2.14 – Перетворювач інтерфейсів АС3

Прилад автоматично визначає напрямок передачі даних, що дозволяє значно знизити тимчасові інтервали (тайм-аути) між кадрами даних. При цьому в якості провідного (майстра) може виступати обладнання як з інтерфейсом RS-232, так і з інтерфейсом RS-485. Прилад підтримує будь-які протоколи даних, фізична реалізація яких заснована на інтерфейсах RS-232 і RS485.

Прилад дозволяє підключати до пром.мережі RS485 обладнання з інтерфейсом RS-232 (персональний комп'ютер, зчитувач штрих-кодів, електронні ваги і т.д).

Прилад являє собою обладнання, призначене для двонаправленого обміну даними між інтерфейсами RS-232 і RS-485 з автоматичним визначенням напрямку передачі даних.

Прилад має наступний склад:

- пластиковий корпус 1, призначений для кріплення на DIN-рейку, у який поміщений прилад;

- роз'єми 2 типу DB9-F, призначений для підключення до приладу обладнання з інтерфейсом RS-232;
- гвинтове з'єднання 3, призначений для підключення кабелю мережного живлення;
- гвинтове з'єднання 4, призначене для підключення до приладу обладнання з інтерфейсом RS-485;
- світодіод 5, призначений для індикації стану приладу;
- DIP-перемикач 6, призначений для підключення вбудованих погоджуючи резисторів.

Перетворювач інтерфейсів AC4 (USB – RS485) призначений для взаємного електричного перетворення сигналів інтерфейсів USB і RS485 із забезпеченням гальванічної ізоляції входів між собою. Прилад автоматично визначає напрямок передачі даних, що дозволяє значно знизити тимчасові інтервали (тайм-аути) між кадрами даних.

За допомогою перетворювача інтерфейсів AC4 можна підключити до промислової мережі RS485 персональний комп'ютер із USB-портом, при цьому живлення приладу здійснюється по шині USB.

Прилад являє собою обладнання, призначене для двонаправленого обміну даними між інтерфейсами USB і RS485 з автоматичним визначенням напрямку передачі.

Перетворювач AC4 має наступну конструкцію:

- пластиковий корпус 1, призначений для кріплення на Din-рейку, у який поміщений прилад;
- роз'єм 2, призначений для підключення до приладу обладнання з інтерфейсом USB;
- гвинтовий роз'єм 3, призначений для підключення до приладу обладнання з інтерфейсом RS485;
- світодіод 4, призначений для індикації стану приладу;
- Dip-перемикач 5, необхідний для підключення вбудованих кінцевих погоджуючи резисторів.

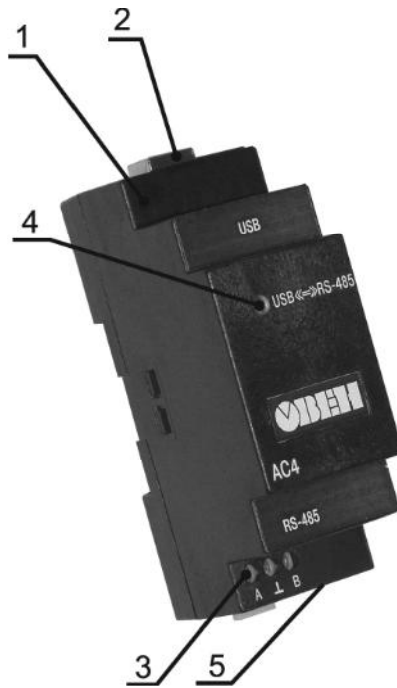


Рисунок 2.15 - Зовнішній вигляд приладу AC4

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Методи програмування ПЛК

Програмований логічний контролер (ПЛК) — це комп'ютер керування промисловим процесом, який був «захищений» і адаптований для керування виробничим процесом. Майже всі виробничі процеси модернізовано та автоматизовано завдяки адаптації цієї технології, щоб залишатися попереду конкурентів.

ПЛК різних виробників можна програмувати різними способами. ІЕС 61131-3 є міжнародним стандартом для програмованих логічних контролерів. Найпоширенішими методами програмування ПЛК є:

- релейна ступінчата логіка (RLL);
- структурований текст (ST);
- функціональна блок-схема (FBD);
- послідовні функціональні схеми (SFC);
- список інструкцій (IL).

Система PLC обробляє багато чисел, що представляють різні типи інформації щодо процесу. Ці процеси або параметри машини можуть бути будь-якими, починаючи від стану пристроїв введення або виведення, таймерів, лічильників або інших значень даних. Ці типи пам'яті можна використовувати для зберігання різноманітної інформації та в різних інструкціях ретрансляційної логіки. Вони широко відомі як «теги». Теги можуть мати різні типи даних. Логічні (дискретні), цілі числа, плаваюча кома, рядки та час. Сходова логіка є основним методом програмування, який використовується для ПЛК. Він імітує логіку реле (комбінація перемикачів, реле, котушок і контактів). Рішення використовувати сходову логіку як основний метод програмування було дуже стратегічним, оскільки не потрібно було багато часу на перенавчання інженерів, щоб адаптуватися до цього. ПЛК першого покоління було запрограмовано за допомогою технології, яка ґрунтувалася на схемах з'єднання логіки реле. Це усунуло необхідність навчати електриків, техніків з обслуговування та інженерів програмуванню. До цього дня сходова

логіка залишається найпопулярнішим методом програмування ПЛК. Нижче наведено дуже просту логіку реле керування двигуном і відповідну логіку сходів. Релейна логіка має перемикач запуску, перемикач зупинки, реле керування та котушку реле (CR1) і двигун (Mtr). Сходова логіка має подібний вигляд і відчуття, що й релейна логіка. Але фізичні перемикачі та котушки релейної логіки замінено місцем пам'яті ПЛК, яке представлено як входи (I) і виходи (O).

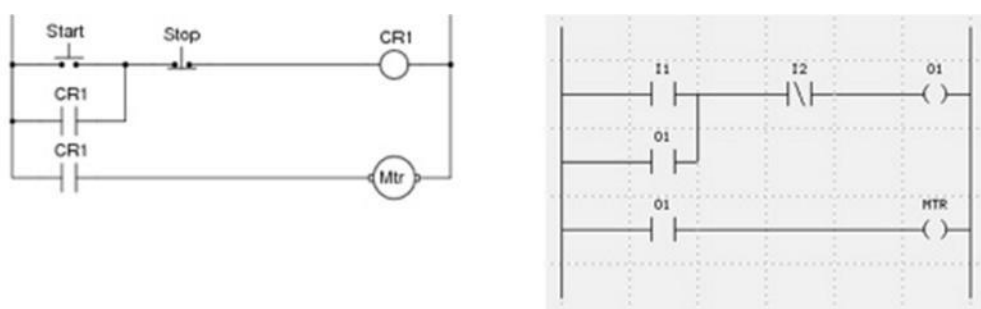


Рисунок 3.1 – Логічна схема програмування ПЛК керування двигуном:
 а- логіка реле керування двигуном; б- ступінчата логіка керування двигуном

Ступінчату логіку дуже просто програмувати, навіть електрик з автоматизованого обслуговування може запрограмувати або усунути несправності сходової логіки. Якщо це велика програма PLC, це може стати трохи складним, але все одно можна зробити.

Структурований текст (Structured Text) — це текстова мова програмування, яка використовується для розробки логіки ПЛК і більше схожа на Python Visual Basic або C [6]. Вона використовує менше пам'яті ЦП і підходить для переміщення великої кількості даних і складних математичних обчислень. Складну логіку ПЛК легше кодувати та розуміти. Нижче наведено зразок структурованого тексту.

Щоб навчитися цьому, може знадобитися деяка підготовка. Якщо оператор не знайомий із мовами програмування високого рівня, такими як C, Python або Visual Basic, то для нього буде трохи важко вивчати ці мови та обслуговувати обладнання на ходу. Структурований текст може бути зручним

для програміста, але не для електрика чи інженера з обслуговування. Потрібно знати синтаксис, вирази, логічні та побітові оператори, цикли тощо [6].

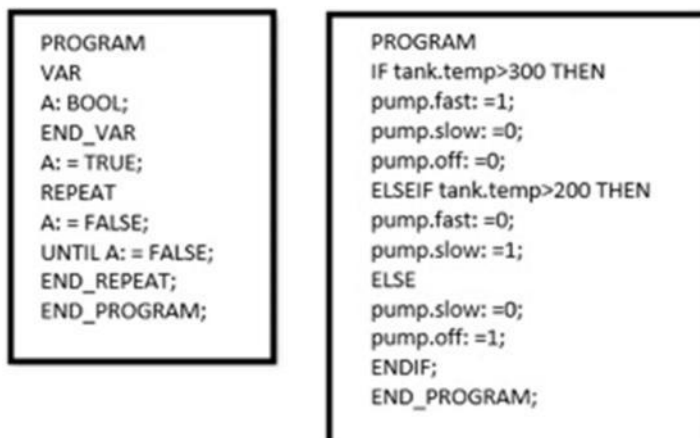


Рисунок 3.2 – Структурований текст програмування ПЛК

Функціональна блок-схема використовується для програм ПЛК, які представлені у вигляді графічних блоків. Він представляє сигнали або потік даних у функціональний блок і, коли він виконується в логіці ПЛК, призводить до одного або кількох виходів. Кожен функціональний блок уже попередньо запрограмований для виконання певної функції, користувач повинен підключити входи та виходи.

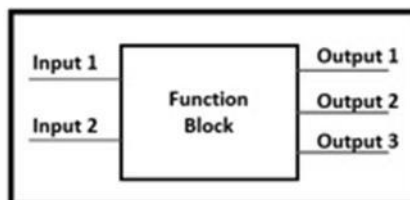


Рисунок 3.3 – Функціональна блок-схема програмування ПЛК

Функціональні блоки можуть мати стандартні функції, такі як таймери, лічильники, визначені користувачем блоки для отримання середнього значення, масштабованого значення, виявлення мінімальних і максимальних значень тощо. Це легше програмувати, але важче, коли ви намагаєтесь усунути будь-які проблеми, перебуваючи в режимі онлайн за допомогою PLC. Не можна побачити окремі входи чи виходи під напругою, оскільки функціональний блок працює як єдине ціле та підсвічується як цілий елемент. Базові функції, необхідні для запуску процесу, такі як інструкції фіксації, тригери та

блокування, розроблені у функціональних блоках, складні для усунення несправностей порівняно з логікою релейної ланки.

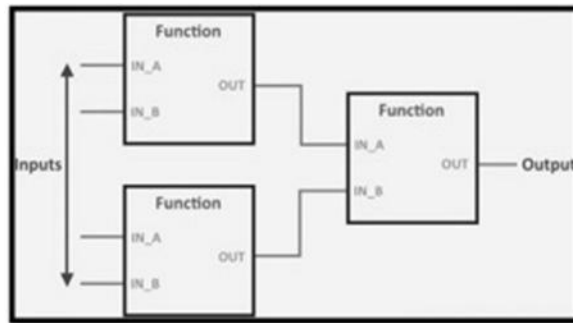


Рисунок 3.4 – Функціональні блок-схеми

Послідовна функціональна діаграма (Sequential Function Chart) — це графічне представлення для зображення послідовної поведінки системи керування. Він в основному використовується для визначення послідовностей керування, які керуються часом або подією. Він пов'язує кроки, дії та переходи. Це дозволяє опису процесу стати реальною програмою. Основний принцип роботи: SFC перейде від кроку 1 до кроку 2, якщо всі кроки вище активні та всі умови для переходу з'єднання вірні.

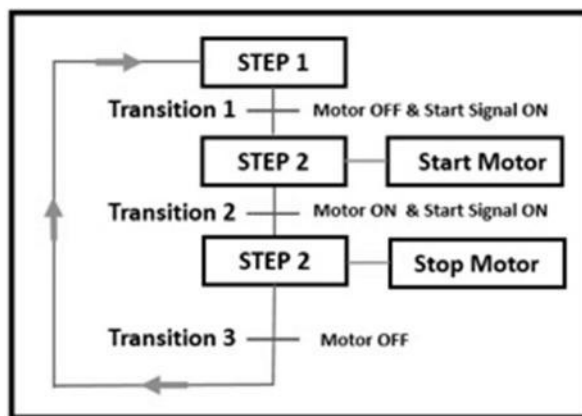


Рисунок 3.5 – Послідовна функціональна діаграма

Програма може бути дуже довгою. Якщо потрібні будь-які модифікації або будь-яке дублювання або повторне використання того самого коду в іншій частині логіки, потрібна значна робота для аналізу та модифікації змін. Також інженерам з технічного обслуговування стає дуже складно аналізувати та підтримувати обладнання, якщо вони не знають, як працювати з SFC.

Список інструкцій (Instruction List) — це текстова мова низького рівня, яка використовує мнемонічні інструкції або вони нагадують програмування мовою асемблера. Кожна інструкція починається з нового рядка та містить такі оператори, як Jump (JMP), Call Function Block (CAL), Return (RET), а також математичні оператори, такі як ADD, SUB, MUL та DIV тощо. Це мова з низькими накладними витратами, і вона виконується швидше порівняно з іншими методами програмування ПЛК.

```
(*Tank 2: Check Low Alarm*)
LD   T2_Level
LT   T2_Low_Limit
JMP  T2_Low_Limit_Alarm_Reset
(*Set Low Limit Alarm*)
LD   BOOL#1
ST   T2_Low_Limit_Alarm_Status
JMP  T2_Low_Limit_Alarm_End
T2_Low_Limit_Alarm_Reset
LD   BOOL#0
ST   T2_Low_Alarm_Status
T2_Low_Limit_Alarm_End
```

Рисунок 3.6 – Приклад використання текстової мови низького рівня

Цей метод схильний до помилок під час виконання та може призвести до нескінченних циклів або недозволених арифметичних операцій. Цей метод на 100% зручний для програмістів, але не дає ніякої користі для інженерів з технічного обслуговування чи електриків для швидкого аналізу коду та усунення несправностей під час вимкнення машини, якщо вони не мають формального навчання користуванню цією мовою.

На багатьох виробничих підприємствах електрики беруть у власність і обслуговують обладнання. Вони, як правило, не навчені використовувати будь-які мови програмування. Але вони добре розбираються в схемній логіці через її схожість з логікою проведеного реле. Цілком можливо, що у вас є машина вартістю мільйон доларів, але вона абсолютно марна, якщо електрики не можуть усунути несправності коду, написаного іншими мовами. Інші мови програмування PLC можуть бути хорошими для навчання в класі, але не для промислового середовища. Найвищим пріоритетом на всіх виробничих підприємствах є мінімальний час простою. Процес або машина повинні завжди залишатися в робочому стані. Поєднання логіки релейних сходів і

функціональних блоків є найкращим способом програмування ПЛК, оскільки це простіше як для програміста, так і для електриків і обслуговуючого персоналу.

3.2 Використання системи SCADA для автоматизації виробництва

Система SCADA розшифровується як «Диспетчерський контроль і збір даних». SCADA розшифровується як Supervisory Control and Data Acquisition і являє собою систему для моніторингу та контролю, а також збору даних. Вона широко використовується на заводах для моніторингу та керування виробничими лініями та машинами. Хороший спосіб зрозуміти, що таке система SCADA і де її можна використовувати, – це побачити її у зв'язку з пірамідою автоматизації (рис.3.7). Система SCADA розташована на рівні моніторингу та контролю в піраміді автоматизації. Піраміда автоматизації — це концепція, опублікована в ISA-95 та IEC 62264-3, у спробі описати, як різні системи працюють разом. У верхній частині ви маєте всі інформаційні системи для управління бізнесом, плануванням і логістикою. А внизу у вас є всі операційні системи. Системи SCADA розміщені прямо в середині піраміди автоматизації, там, де ІТ (інформаційні технології) зустрічаються з ОТ (операційними технологіями).

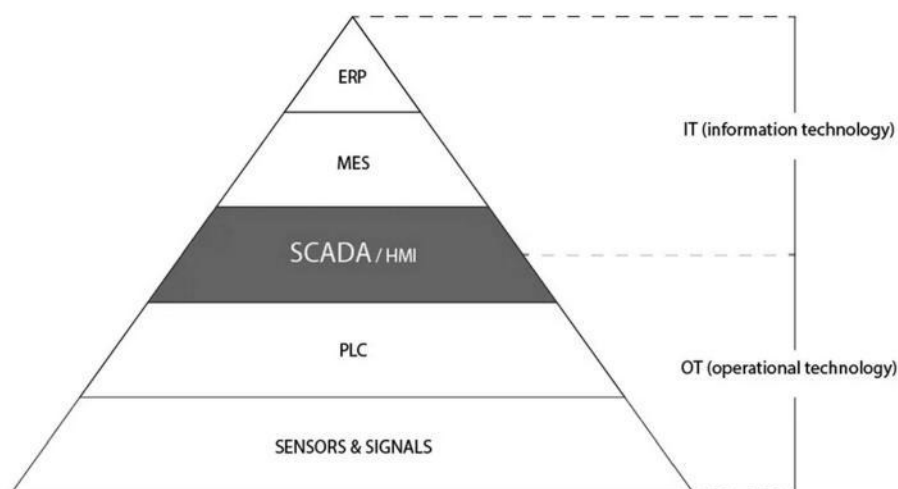


Рисунок 3.7 – Піраміда автоматизації

У піраміді автоматизації з ISA-95 нижче за системою SCADA є всі операційні технології, такі як ПЛК, датчики тощо. Робота SCADA насправді полягає в контролі та моніторингу всіх цих ОТ. Але в той же час також надсилати та отримувати інформацію з системи MES або ERP вище. Інформація, яка стосується бізнесу та планування. Наприклад, як замовлення.

Знову ж таки, система SCADA є точкою зустрічі та зв'язку між інформацією та роботою. Основи SCADA насправді пов'язані з обміном інформацією та можливістю контролю та моніторингу. Особливо останнє - це те, як ви часто бачите системи SCADA у використанні.

Система SCADA фізично виглядатиме як екран. Більш ніж часто кілька екранів, де оператор може як контролювати, так і контролювати всі відповідні компоненти в установці, машині або навіть у цілому заводі. Це можна візуалізувати за допомогою, наприклад, P&ID (схема трубопроводів і приладів). Найважливішим є те, що оператор розуміє різні частини системи SCADA і те, що вони контролюють/моніторять. Усі ці екрани по суті є інтерфейсами HMI або людино-машинними. Вони є інтерфейсом між оператором і машиною. У минулі часи HMI був просто набором кнопок і контрольних лампочок. Але тепер у вас часто буде сенсорний екран або на машині, або в диспетчерській.

Простіше кажучи, HMI є частиною SCADA. Тому що там, де HMI — це просто екран або сам інтерфейс, SCADA — це додаток або ціла система, що стоїть за всіма цими екранами. Система SCADA може мати багато HMI для керування та моніторингу різних частин підприємства.

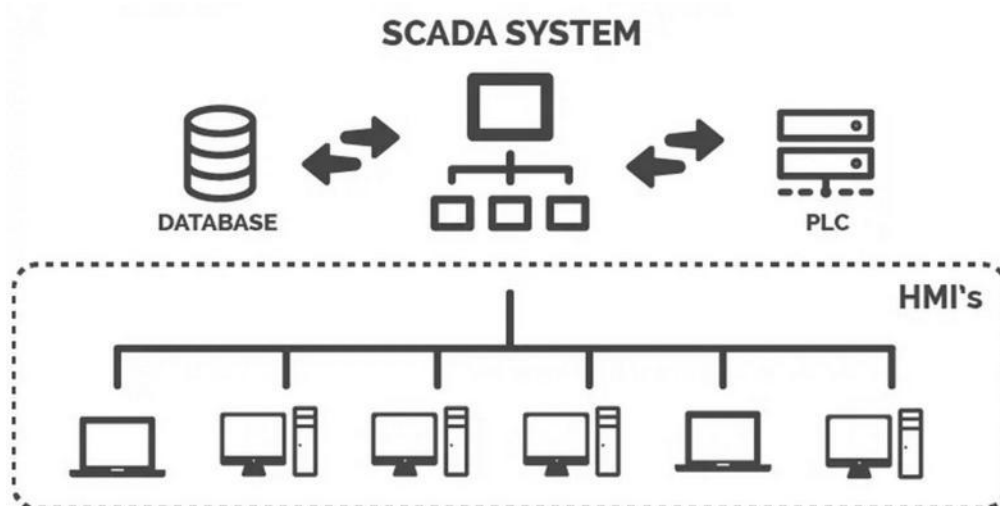


Рисунок 3.8 – Архітектура системи SCADA з кількома НМІ в мережі

Якщо ближче поглянемо на архітектуру SCADA, то стане ясно, що вона містить набагато більше, ніж просто НМІ. Це ціла інфраструктура пристроїв, які можуть спілкуватися. Програма SCADA зазвичай працює на сервері. Такі клієнти, як настільні комп'ютери та екрани, можуть працювати як НМІ, підключивши їх до сервера. Оскільки операційні пристрої, такі як ПЛК і RTU, також підключені до сервера, тепер ми можемо використовувати клієнти SCADA для контролю та моніторингу операцій.

RTU або віддалений термінал трохи схожий на ПЛК. Ви можете підключити датчики до RTU і він перетворить їхні сигнали в цифрові дані. Потім ці цифрові дані будуть доступні для системи SCADA.

Історично система SCADA пройшла кілька основних етапів архітектури.

- 1-е покоління: монолітна
- 2-е покоління: розподілена
- 3-е покоління: мережева
- 4-е покоління: Інтернет речей

Знання історії систем SCADA дійсно дає вам уявлення про їх розвиток. Як SCADA розвинулась від простої монолітної архітектури до хмарної інфраструктури. Але навіть незважаючи на те, що вже вийшло четверте покоління систем SCADA, багато існуючих систем все ще належать до третього чи навіть другого покоління.

Монолітна архітектура - перші системи SCADA мали лише одну диспетчерську станцію. Тоді ще не існувало комп'ютерів і мереж. Замість ПК використовувалися мейнфрейм-станції. Функції цих ранніх систем були обмежені датчиками моніторингу. Зараз ці системи можна знайти лише в музеях.

Розподілена архітектура - з винаходом локальних мереж (LAN) з'явилися розподілені системи. Мережа тепер означала, що ви могли мати декілька станцій керування та нагляду. Тепер у вас може бути система SCADA, де

мережа між диспетчерськими станціями уможлиблює зв'язок. Хоча й рідко, але системи SCADA другого покоління існують і сьогодні.

Мережева архітектура - Оскільки мережеві технології та протоколи розвивалися, і ми почали бачити глобальні мережі (WAN), нові можливості для мереж і зв'язку також стали можливими для систем SCADA. Це означало, що системи SCADA тепер можна використовувати не лише на одному заводі, але й на кількох заводах, фізично розташованих далеко один від одного. Завдяки мережевій архітектурі доступ до даних і контролю можна отримати будь-де, навіть із фізичного місця, відмінного від заводів.

Інтернет речей (IoT) - системи SCADA 4-го покоління – це ті, які ми зараз створюємо. Це частина великої революції Industry 4.0. Тут важливі як Інтернет речей (IoT), так і децентралізована передача даних. Ці нові технології дають нам набагато більше свободи та гнучкості в архітектурі.

Індустрія 4.0, де всі компоненти взаємопов'язані та можуть постійно спілкуватися з системою SCADA.

Насправді вся архітектура SCADA розроблена для централізації управління та моніторингу (збирання даних). Вся ідея полягає в тому, щоб мати одну систему або одну програму. Але з IoT ця ідея змінюється в бік більш децентралізованої архітектури, де кожен компонент може спілкуватися з кожним іншим.

Незважаючи на те, що ця нова архітектура – це майбутнє автоматизації, все ще існує багато проблем безпеки. Дані з систем SCADA найчастіше є дуже цінними та чутливими для бізнесу і розміщення їх у хмарі вимагає надійного рівня безпеки.

Програмне забезпечення SCADA

Подивимося на деякі реальні програми SCADA, щоб побачити, на що вони справді здатні. На ринку є кілька великих гравців. Але багато з них мають масштабовані рішення для задоволення вимог на різних рівнях. Хоча деякі програми SCADA найкраще працюють на великих сайтах з декількома серверами та клієнтами, тоді як деякі найкраще працюють на невеликих сайтах і програмах.

Вибираючи програмне забезпечення SCADA, яке відповідає вашим потребам, потрібно враховувати багато факторів. Як з ділового, так і з технічного боку. Інша річ, про яку багато людей схильні забувати, це термін служби програмного забезпечення SCADA. Система SCADA може бути серйозною інвестицією, і ви часто очікуєте, що термін служби системи становитиме від 5 до 15 років. Як ми всі знаємо, технології розвиваються швидше, ніж будь-яка інша галузь. Насправді технології розвиваються не тільки швидко, але й експоненціально швидше. Просто візьміть закон Мура як приклад. Комп'ютерний процесор щороку подвоює кількість транзисторів, що робить їх експоненціально швидшими.

Технологія не тільки стає швидшою, але й постійно з'являється нова технологія. Технології, що використовувалися для зв'язку 5 років тому, сьогодні вважаються повільними та часто застарілими порівняно зі стандартами зв'язку, які ми маємо сьогодні.

Запит на інформацію (Request for Information - RFI) зазвичай є діловим терміном, який використовується для опису можливостей продавців і постачальників. Візьміть до відома цей термін, оскільки він дуже актуальний щодо вибору програмного забезпечення SCADA. Наприклад, якщо очікується, що термін служби вашої системи SCADA становитиме 10 років. Ви хочете бути впевнені, що можете як мінімум отримати підтримку, оновлення, можливість розширення тощо протягом цього періоду.

Програмне забезпечення Historian. Коли працюєте з програмним забезпеченням SCADA, часто зустрічаєте термін «Історик» або «Історичне програмне забезпечення». З точки зору програмного рішення SCADA, програмне забезпечення Historian є програмним забезпеченням, відповідальним за реєстрацію даних, зібраних з інтерфейсів польових даних. Його називають Historian, оскільки програмне забезпечення зберігає дані (часто в базі даних) із часовими мітками, щоб дані можна було використовувати для трендів, аналітики та журналювання.

Використання програмного забезпечення історії є вирішальним для багатьох програм SCADA та галузей. У деяких галузях, як-от харчова чи

фармацевтична промисловість, навіть є законодавчі вимоги (FDA 21 CFR, частина 11) щодо реєстрації даних. Стандарт пакетного контролю ISA-88 є хорошим прикладом того, як можна реалізувати журналювання.

Усі зареєстровані дані історика також можна використовувати для аналізу. Насправді дані дуже цінні для компанії, оскільки їх частий аналіз може призвести, наприклад, до кращі плани технічного обслуговування та оптимізоване виробництво.

Технологія SCADA.

Система SCADA складається з багатьох різних технологій для всього: від реєстрації та збереження даних до протоколів зв'язку та стандартів для доступу до даних. Система SCADA часто є великою системою з багатьма компонентами, які повинні працювати разом. У той же час система повинна бути безпечною. З цих двох причин найкращим рішенням є не завжди рішення з новітньою технологією, а рішення з найбільш стабільною та безпечною технологією. Не всі компоненти, особливо на нижчому рівні (PLC і RTU), здатні використовувати новітні технології для зв'язку тощо.

Візуалізація даних. Коли більшість людей думають про системи SCADA, вони думають про один або кілька екранів, де візуалізується процес або його частина. Саме візуалізація дає оператору можливість контролювати та переглядати дані системи.

Візуалізація даних може бути будь-яким видом візуалізації даного потоку даних. Тенденції та діаграми часто використовуються для візуалізації розвитку значення, тоді як таблиці та колір часто використовуються для позначення стану дискретної змінної. Кольори досить часто використовувалися в системах SCADA для візуалізації, але з новими стандартами, такими як ISA-101 та ISA-112, було введено термін «сірий — це добре» та високопродуктивний HMI.

Однією з нових технологій, що використовуються для візуалізації та розробки екрану, є HTML5. На це є три основні причини:

1. Швидкий розвиток
2. Легкий доступ
3. Багато розробників

За допомогою HTML5 можна швидко створювати прототипи для своїх екранів і візуалізацій. Це значно прискорює процес розробки. У той же час HTML5 також дуже доступний, особливо якщо це зробити в адаптивному дизайні. HTML5 можна читати будь-яким браузером, а також комп'ютерами та пристроями, такими як смартфони та планшети.

Аналіз даних і машинне навчання. Крім візуалізації даних, дедалі більшою частиною роботи системи SCADA є аналіз цих даних. Аналітика даних і машинне навчання – це не просто модні слова. Вони є частиною революції Industry 4.0, і завдяки цьому ваша система SCADA стає розумнішою.

Аналіз даних проводився протягом всієї історії системи SCADA. Більшість систем SCADA забезпечують систему звітності, де представлені звіти з даними про виробництво, процес і систему. Ці дані часто аналізувалися людьми, щоб оптимізувати виробництво або обслуговування.

Нова технологія систем SCADA — це машинне навчання та алгоритми. З появою технології машинного навчання комп'ютери тепер можуть аналізувати дані. Розумні алгоритми можуть не тільки аналізувати дані, але й навчатися на них і знаходити в них можливості оптимізації. Можливості, які людям було б майже неможливо знайти.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Промислова санітарія

Мікроклімат нормується за допустимими нормами тому, що у всіх відділеннях спостерігається тепловиділення. Тепло виділяється у відділенні дріжджегенерації, бродильному, у відділенні перегонки і ректифікації спирту. Тепло випромінюється від паропроводів, апаратів, бо всі процеси ідуть з виділенням тепла. Тепло виділяється при реакції бродіння, температура дріждегенераторів і бродильних апаратів 28-30 °С.

Таблиця 4.1 - Характеристика шкідливих речовин, які зустрічаються при виробництві етилового спирту

Речовина	Токсичність	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки
Карбамід	Впливає на органи дихання	10	III
C ₂ H ₅ OH	Впливає на слизові оболонки, печінку, нирки	1000	IV
Тальк	Впливає на органи дихання	1	III

Температура у відділенні перегонки і ректифікації перевищує 100 °С технологічного обладнання. Все воно теплоізольоване, щоб температура на поверхні не перевищувала 45 °С.

Допустимі та оптимальні значення параметрів метеорологічних умов надані в таблиці 4.2 [16].

Для забезпечення нормованих параметрів мікроклімату в основних виробничих приміщеннях передбачена система вентиляції і опалювання.

У відділенні дріжджегенерації, бродильному, у відділенні перегонки і ректифікації спирту, вуглекислотному передбачена штучна - загально обмінна, приливоно-витяжна вентиляція, постійно діюча [16].

У вуглекислотному відділенні крім цього ще передбачена аварійна вентиляція. Опалення в цих відділеннях не передбачене, через велике тепловиділення.

Таблиця 4.2 – Значення оптимальних та допустимих параметрів метеорологічних умов.

Період року	Категорія робіт по енерговитратах	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний період року	Середньої важкості Па	допустимі		
		17-23	75	0.3
		оптимальні		
		18-20	40-60	0.2
Теплий період року	Середньої важкості Па	допустимі		
		27-30	не більше 75	0.4
		оптимальні		
		21-23	40-60	0.3

У непромислових приміщеннях передбачена як природна, так і штучна вентиляція, місцева припливно-витяжна. Також передбачене центральне опалення.

У виробничих, підсобних і побутових приміщеннях використовується природне освітлення і штучне [17].

Природне освітлення здійснюється через віконні пройоми, що виконані у вигляді зашкленених дерев'яних рам. Штучне освітлення здійснюється за допомогою світильників. Крім робочого штучного освітлення є аварійне освітлення, яке дозволяє при відключенні робочого освітлення продовжувати обслуговування окремих видів обладнання і безпечну його експлуатацію, а також безпечну евакуацію людей.

Аварійне освітлення здійснюється світильниками з лампами розжарювання, які є в коридорах, на сходах, а також біля пультів управління і панелей КПіА.

На спиртовому заводі всі роботи відносяться до середньої точності розряду зорової роботи - IV.

Коефіцієнт природної освітленості визначаємо за формулою:

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot c \quad (4.1)$$

$$e_n^{IV} = 1,5 \cdot 0,9 \cdot 1 = 1,35\%$$

де: e_{nIV} – коефіцієнт природної освітленості (КПО) для IV пояса світлового клімату;

e_{nIII} - коефіцієнт природної освітленості для III пояса світлового клімату;

m - коефіцієнт світлового клімату (0,9);

c - коефіцієнт сонячного клімату ($1 \div 0,75$).

Таблиця 4.3 - Характеристика освітлення.

Найменування приміщення	Площа підлоги, м ²	Розряд зорової роботи	Освітлення		
			природне		штучне
			Вид освітлення (бокове, верхнє)	КПО, % e_{nIV}	Нормована освітленість, E_{min} , лк
Відділення дріжджегенерування	60	VI	верхнє	1,35	200
Бродильне відділення	200	VI	верхнє	1,35	200
Відділення перегонки і ректифікації спирту	250	VI	верхнє	1,35	200

Шум є одним із найбільш розповсюджених факторів, що впливає на людину. Він завдає великої шкоди здоров'ю та виробничій діяльності людини. В результаті втрати, що виникає під дією шуму, збільшується кількість помилок при роботі, підвищується загроза виникнення травм, знижується продуктивність праці. Все це є однією з причин збільшення економічних витрат.

4.2 Аналіз імовірних аварій на дріжджовому заводі

У більшості випадків техногенні аварії пов'язані з неконтрольованим, мимовільним виходом у навколишнє простір речовини чи енергії. Мимовільне вивільнення енергії приводить до промислових вибухів, а речовини - до вибухів, пожежам і хімічному забрудненню навколишнього середовища.

Вибух - процес швидкого некерованого фізичного чи хімічного перетворення системи, що супроводжується переходом її потенційної енергії в

механічну роботу. Механічна робота, чинена при вибуху, обумовлена швидким розширенням газів чи пари. Причиною вибухового процесу можуть лежати як фізичні так і хімічні перетворення.

При хімічних вибухах речовини можуть бути твердими, рідкими, газоподібними, а також частинками горючих речовин (рідких і твердих) в окисному середовищі(частіше в повітрі).

Фізичний вибух найчастіше зв'язаний з неконтрольованим вивільненням потенційної енергії стиснутих газів із замкнутих обсягів машин і апаратів, сила вибуху стиснутого чи зрідженого газу залежить від внутрішнього тиску цього резервуара.

Параметрами, по яких визначають потужність вибуху, є енергія вибуху і швидкість її виділення. Енергія вибуху визначається фізико-хімічними перетвореннями, що протікають при різних типах вибухів.

У виробничих умовах можливі наступні основні види вибухів: вільний повітряний, наземний, вибух у безпосередній близькості від об'єкта, а також вибух усередині об'єкта (виробничого спорудження).

Пожежі. Під пожежею розуміють неконтрольований процес горіння, що супроводжується знищенням матеріальних цінностей і створює небезпеку для життя людей. Причиною виникнення пожеж на промислових об'єктах можна розділити на двох груп. Перша - це порушення протипожежного режиму чи необережне поводження з вогнем, друга - порушення пожежної безпеки при проектуванні і будівництві будинків. Пожежі можуть виникнути при вибуху в чи приміщеннях виробничих апаратах при витоках і аварійних викидах пожежо-вибухонебезпечних середовищ в обсяги виробничих приміщень.

Пожежа є хімічною реакцією між горючими речовинами і киснем повітря (чи іншим видом окисного середовища). Для того, щоб виникла пожежа необхідно три компоненти: пальне, кисень і первісне джерело теплоти з енергією, достатньої для початку реакції горіння.

Утворення полум'я пов'язано з газоподібним станом речовини, тому горіння рідких і твердих речовин, що супроводжується виникненням полум'я, припускає їхній попередній перехід у газоподібну фазу.

При пожежах існує кілька різних небезпечних факторів. Перший з них - це підвищені температури в зоні горіння. Вони можуть привести до теплових опіків поверхні шкіри і внутрішніх органів людей, а також викликати втрату несучої здатності будівельних конструкцій будинків і споруджень. Другим фактором є надходження в повітря робочої зони значної кількості шкідливих продуктів згорання, у більшості випадків, що приводить до гострих отруєнь людей.

На багатьох підприємства для технологічних цілей застосовують шкідливі, у тому числі сильнодіючі отруйні речовини. Так, наприклад, часто застосовуються хлор і аміак. Широко застосовуються також луги, кислоти й інші агресивні і сильнодіючі речовини. При аварійних розгерметизаціях ємкостей, устаткування, зі змістом токсичних чи речовин їхнім перевезенням, пов'язані з підвищеним ризиком небезпек, тому що при виході на рудю цих речовин приводить до перевищення гранично припустимої концентрації, що може викликати людські жертви.

У залежності від термодинамічного стану рідини при збереженні в ємності, можливо три варіанти протікання процесу при розгерметизації ємності:

- при великих перегрівих рідина може цілком переходити в зважений і пароподібний стан з утворенням токсичних, шкідливих і пожежо-вибухонебезпечних сумішей;

- при низьких енергетичних параметрах рідини відбувається спокійний її пролив на тверду поверхню, а випар здійснюється шляхом тепловіддачі від твердої поверхні;

- проміжний режим, коли в початковий момент відбувається різке скипання рідини з утворенням мілкодисперсної фракції, а потім настає режим вільного випару з відносно низькими швидкостями.

Ряд речовин у промислових умовах зберігається і використовується при низьких температурах (криогенних температурах) у рідкому стані. Найбільше часто зустрічаються: рідкий кисень і азот, рідкий водень, гелій і т.д. Ці речовини в загальноприйнятому розумінні не можна назвати отруйними чи

токсичними, але надходження їхній в атмосферу у великій кількості може викликати витиснення з її кисню, що також створить визначених розмірів небезпечну зону. Крім того деякі з цих речовин є чи окислювачами пожежовибухонебезпечними речовинами, низькі температури цих речовин можуть привести до додаткових небезпечних факторів, таким як потенційна небезпека опіків поверхні тіла і внутрішніх органів у людей, а також до втрати несучої здатності силових елементів будинків, машин і механізмів за рахунок холодоломкості.

Джерелом природної НС є небезпечне природне чи явище процес, причиною виникнення якого може бути: землетрус, вулканічне виверження, зсув, обвал, карст, сель, осідання в лісових ґрунтах, ерозія, переробка берегів, цунамі, лавина, повінь, підтоплення, затор, штормовий нагін води, сильний вітер, смерч, курна бура, суховій, сильні осадки, посуха, заморозки, туман, гроза, природна пожежа (ДСТ Р 22.0.06 - 95).

Грозові розряди можуть з'явитися причиною як пожеж, так і механічних ушкоджень устаткування, порушення на лініях зв'язку й енергопостачання окремих територій, вибухів технічного устаткування.

Блискавка - це електричний розряд великої потужності. Електрична напруга

виникає в хмарах у результаті тертя молекул. Усередині грозової хмари вітри переміщуються нагору і вниз з великою швидкістю.

Крапельки води, пилові частки і шматочки льоду труться друг об друга, відштовхуючи чи розбиваючи, при цьому наростає напруга електричного поля. Коли його напруга досягає визначеної сили, то відбувається розряд, блискає блискавка.

Температура блискавки досягає 30000 градусів. Вона так сильно розігріває навколишнє повітря, що воно стрімко розширюється і з гуркотом переборює звуковий бар'єр, подібно надзвуковому реактивному літаку. Цей гуркіт ми чуємо як гуркоти грому.

4.3 Вибір технічних засобів запобігання техногенних аварій

На стійкість роботи об'єктів народного господарства в надзвичайних ситуаціях впливають наступні фактори:

- надійність захисту робітників та службовців від дії уражуючих факторів;
- здатність інженерно-технічного комплексу об'єкта протистояти в певній степені ударній хвилі, світловому випроміненню і радіації;
- захищеність об'єкта від вторинних уражуючих факторів (пожеж, вибухів, зараження отруйними речовинами);
- надійність системи забезпечення об'єкту всім необхідним для виробництва продукції (сировиною, паливом, комплектуючими виробами, електроенергією, водою, газом);
- стійкість і неперервність управління виробництвом та цивільною обороною;
- підготовленість об'єкту до ведення рятувальних і невідкладних аварійновідновлювальних робіт та робіт по відновленню порушеного виробництва.

Однією з основних задач цивільної оборони є проведення заходів, спрямованих на підвищення стійкості роботи об'єкту в умовах надзвичайних ситуацій, тобто здатності його виконувати свої функції в цих умовах.

Перераховані фактори визначають собою і основні, загальні для всіх об'єктів народного господарства, шляхи підвищення стійкості роботи в надзвичайних ситуаціях, а саме:

- забезпечення надійним захистом робітників і службовців від дії уражуючих факторів;
- захист основних виробничих фондів від уражуючих факторів;
- підвищення надійності та оперативності управління виробництвом;
- підготовка до відновлення порушеного виробництва.

Засоби вибухозахисту герметичних систем. Будь-яке устаткування підвищеного тиску повинне бути укомплектовано системами вибухозахисту, що припускають:

- застосування устаткування, розрахованого на тиск вибуху;
- застосування гідрозатворів, вогнезагороджувачів, інертних чи парових завіс;
- захист апаратів від руйнування при вибуху за допомогою пристроїв аварійного скидання тиску (запобіжні мембрани і клапани, швидкодіючі засувки, зворотні клапани і т.д.).

Вибухозахист систем підвищеного тиску досягається також організаційно-технічними заходами; розробкою інструктивних матеріалів, регламентів, норм і правил ведення технологічних процесів; організацією навчання й інструктажу обслуговуючого персоналу; контролем і наглядом за дотриманням норм технологічного режиму, правил і норм техніки безпеки, промисловій санітарії і пожежній безпеці і т.п.

Трубопроводи. Для того щоб зовнішній вигляд трубопроводу вказував на властивості середовища, що транспортується, уведене їх пізнавальне (сигнальне) фарбування (ДСТ 1402-69). Наприклад: вода - зелений, повітря - синій, луку - фіолетові і т.д.

Для позначення виду небезпеки речовини, що транспортується по трубопроводу, на його поверхню додатково наносять сигнальні кільця. Їхнє число визначається ступенем небезпеки. Кільця передбачені: червоного кольору - для вибухонебезпечних; зеленого кольору - для безпечних і нейтральних речовин; жовтого кольору - для токсичних речовин, а також глибокого вакууму, високого тиску.

Усі трубопроводи після монтажу і періодично в процесі експлуатації піддаються гідравлічним іспитам на міцність при спробному тиску на 25% перевищуючому робоче, але не менш 0,2 Мпа.

Запобіжні пристрої. Кожна судина чи ємність повинна додатково бути постачений пристроєм від підвищення тиску вище припустимого. Як запобіжні пристрої застосовуються:

1) запобіжні мембрани - гранична простота їхньої конструкції характеризує їх як самі надійні з всіх існуючих засобів вибухозахисту, крім того вони практично не мають обмежень по пропускній здатності. Хоча в них є свої істотні недоліки, що після спрацьовування устаткування, що захищається, залишається відкритим, що приводить до зупинки устаткування і викиду в атмосферу вмісту апарата;

2) вибухові клапани - використання їх на технологічному устаткуванні дає можливість усунення негативних наслідків, тому що після спрацьовування і скидання необхідної кількості газу через вибуховий клапан його отвір знову закривається, забезпечуючи тим самим тривалість роботи устаткування. До їхнього недоліку варто віднести велику інерційність у порівнянні з мембранами, значну складність конструкції, а також недостатню герметичність;

3) пружинні запобіжні клапани є самими розповсюдженими в даний час засобом захисту технологічного устаткування від вибуху. Однак і вони мають ряд істотних недоліків, в основному через велику інерційність як вантажних, так і пружинних конструкцій клапанів.

Захист від СДОР являє собою комплекс заходів, здійснюваних з метою виключення або максимального послаблення поразки персоналу і збереження його працездатності.

Комплекс заходів по захисту від СДОР включає:

Інженерно-технічні заходи по зберіганню і використанню СДОР;

Підготовку сил і засобів для ліквідації хімічно небезпечних аварій;

Вивчення порядку та правил поведінки в умовах виникнення аварій;

Забезпечення засобами індивідуального і колективного захисту;

Забезпечення безпеки людей і використання ними засобів індивідуального і колективного захисту;

Повсякденний хімічний контроль;

Прогнозування зон можливого хімічного зараження;

Попередження (оповіщення) про безпосередню загрозу поразки СДОР;

Тимчасову евакуацію з районів, що знаходяться під загрозою;

Хімічну розвідку району аварії;

Пошук і надання медичної допомоги постраждалим;

Локалізацію і ліквідацію наслідків аварії.

Обсяг і порядок здійснення заходів по захисту залежать від конкретної обстановки, що може скластися в результаті хімічно небезпечної аварії, наявність часу, сил і засобів для здійснення заходів по захисту і інших чинників.

Передусім захист від СДОР організується і здійснюється безпосередньо на ХНО, де основну увагу приділяється заходам по попередженню можливих аварій. Вони носять як організаційний, так і інженерно-технічний характер і направлені на виявлення і усунення причин аварій, максимальне зниження можливих ушкоджень і втрат, а також на створення умов для вчасного проведення локалізації і ліквідації можливих наслідків аварії.

Всі ці заходи відбиваються в плані захисту об'єкту від СДОР, що розробляється заздалегідь з участю всіх головних фахівців об'єкту. План розробляється, як правило, в текстовій формі з додатком необхідних схем, що вказують розміщення об'єкту, сил та засобів ліквідації наслідків аварії, їх організацію і т. д.

Висновки

У даній роботі розроблено автоматизовану систему сепарації хлібопекарських дріжджів. Виконано аналіз технологічних процесів при виробництві дріжджів та факторів, які впливають на їх якість. Розглянуто види обладнання, яке використовуються при сепарування дріжджів.

Розроблена система контролю технологічних параметрів процесу сепарації дріжджів із використанням програмованого логічного контролера, який має здатність сумісно працювати з пристроями контролю суміжних відділень, та сучасного вимірювального обладнання та виконавчих механізмів. При цьому системи збору інформації про стан технологічних параметрів і керування виконавчими пристроями підключаються до загальної САК підприємства використовуючи мережу з протоком Modbus.

Перелік посилань

1. Автоматизація виробничих процесів: Навчальний посібник / Я.І.Проць, В.Б.Савків, О.К.Шкодзінський, О.Л.Ляшук. За ред. І.Я.Проця - Тернопіль: ТНТУ, - 344 с.
2. Автоматизація виробничих процесів: Навчальний посібник / Я.Проць, О.Данилюк, В.Савків - ТДТУ. 2005. -264с.
3. Автоматизація періодичних технологічних процесів: Типова програма, методичні вказівки, теорія та практика. Лабораторний практикум / Укладачі: Проць Я.І., Данилюк О.А., Федорів П.С. - Тернопіль: ТДТУ, 2005 -135 с.
4. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник/ Ладанюк А.П.,Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. – К.: Аграрна освіта, 2001 – 224 с.
5. Благовещенська М. М. Автоматика та автоматизація харчових виробництв. - М.: Агропромвидавництво, 1991. – 239 с.
6. Автоматизація виробничих процесів: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова та ін.; Кіровоградський національний університет. – Кіровоград: Вид. В.Ф. Лисенко, 2016. -352 с.
7. Виконавчі пристрої систем автоматизації. Васильківський І. С., Фединець В. О., Юсик Я. П. – Львів.: Вид. Львівська політехніка, 2020. – 220 с.
8. Кравченко В.П., Сімкін О.І. Виконавчі механізми та регулюючі органи: навчальний посібник. – Маріуполь: ПДТУ, 2014.
9. Невлюдов І. Ш. Комп'ютерні технології автоматизованого виробництва: навч. посібник/ І.Ш. Невлюдов, М.А. Бережна. – Харків: Компанія СМІТ, 2007. – 368 с.
- 10.І.В. Коноваленко, П.С. Федорів. Системне програмування у Windows з прикладами на Delphi. — Тернопіль: ТНТУ. — 2012. — Режим доступу: <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/1557>
- 11.BAKERpedia. URL: <https://bakerpedia.com>.
12. PLC Academy. URL: <https://www.plcademy.com>.

13. What are the Most Popular Types of PLC Programming Languages?. *The Easiest Way to Learn Industrial Automation*. URL: <https://realpars.com/plc-programming-languages/>
14. Antonsen T. M. PLC Controls with Structured Text: IEC 61131-3 and best practice ST programming. Books on Demand, 2019. 130 p.
15. Borden T. R. Technician's guide to programmable controllers. 6th ed. Clifton Park, NY : Delmar, Cengage Learning, 2013. 468 p.
16. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський)/ укл.: О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.
17. Кирич Н.Б. Безпека життя й охорона праці: Посібник/ Під заг. ред. Б.М.Андрушківа.- К.: Друкарня журналу "Охорона праці", 2000.-576 с.
18. Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І., Савків В.Б., Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 40 с.