

Гураль Артем Юрійович, Михайлюк Андрій Володимирович

Розроблення та дослідження автоматизованої системи керування технологічним процесом виготовлення дитячих сирків (комплексна тема).

Керівник: кандидат технічних наук, доцент кафедри КТ Левицький Віталій Васильович.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з графічної частини і пояснювальної записки.

Об'єм графічної (ілюстративної) частини кваліфікаційної роботи становить 24 слайди.

Об'єм пояснювальної записки складає 96 друковані сторінки формату А4 (210×297).

В кваліфікаційній роботі нараховується 21 рисунок та 12 таблиць з даними. Використано 35 літературних джерела.

В кваліфікаційній роботі була розроблена система автоматизованого керування технологічним процесом виготовлення дитячих сирків. Впровадження автоматизованої системи управління для даного процесу дозволяє підвищити продуктивність і забезпечить стабільне виготовлення необхідної кількості продукції.

Керування даним процесом забезпечується за допомогою програмованого логічного контролеру (ПЛК). Це підвищить оперативність регулювання параметрів у всіх режимах роботи, надання робочому персоналу достовірної і своєчасної інформації про хід процесу і стан обладнання, полегшуючи тим самим роботу обслуговуючого персоналу.

Були розглянуті всі можливі небезпеки з точки зору охорони праці і заходи щодо їх уникнення в аварійних ситуаціях.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	11
1.1. Аналіз технологічного процесу приймання і дозрівання молока	11
1.2. Аналіз технологічного процесу нормалізації молока	16
1.3. Аналіз технологічного процесу теплової обробки молока.....	18
1.4. Виробництво заквасок	18
1.5. Внесення в молоко додаткових компонентів	20
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	21
2.1. Огляд технологічного процесу утворення сичужного згустку	21
2.2. Огляд технології обробки сичужного згустку і сирного зерна	23
2.3. Отримання кисломолочного сиру	24
2.4. Вимоги до системи автоматизації	26
2.5. Аналіз технологічного процесу як об'єкта керування	27
2.6. Вибір функціональної схеми керування технологічним процесом	29
2.7. Проектування функціональної схеми технологічного процесу виробництва кисломолочного сиру.....	40
2.8. Структурна схема технологічного процесу виробництва кисломолочного сиру.....	45
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	49
3.1. Вибір технічних засобів автоматизації та їх характеристики	49
3.2. Обґрунтування вибору контролера	60
3.3. Опис схеми зовнішніх підключень мікроконтролера ADAM-5511....	65
4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	70

4.1.Розрахунок передатної функції	70
4.2.Дослідження стійкості системи	73
5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	78
5.1.Обґрунтування методу і розрахунок жирності молока.....	78
6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	84
6.1.Аналіз об'єкта виробництва	84
6.2.Заходи спрямовані на виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог	85
6.3.Розрахунок повітрообміну в приміщеннях за надлишками шкідливих речовин	87
6.4.Шляхи вирішення задачі захисту від ЕМІ.....	89
ВИСНОВКИ.....	93
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	94

ВСТУП

У молочній промисловості автоматизовані системи поділяють на дві групи. Першу групу формують системи, в яких здійснюються контроль і стабілізація технологічних параметрів, дистанційне керування електроприводами устаткування і деякі з блокувань, що забезпечують безпеку роботи і виключення аварійних режимів. Тут частина функцій керування здійснюється технічними засобами, а частина — оперативним персоналом, особливо операції запуску, зупинки і ін. Такими системами, зазвичай, комплектують окремі установки, що поставляються машинобудівними заводами (резервуари для зберігання молока і вироблення кисломолочних напоїв, пастеризаційно-охолоджувальні установки і ін.).

Другу групу формують комплексні системи, які оснащуються також і автоматичними клапанами для керування потоками молока і молочних продуктів. Це дозволяє спільно з технічними засобами для вимірювання і стабілізації технологічних параметрів здійснювати автоматичне логіко-програмне керування технологічними процесами і операціями миття устаткування і трубопроводів. При вирішенні завдань логіко-програмного керування разом з використанням релейно-контактних і безконтактних засобів керування (апаратні засоби) останніми роками широко застосовують мікропроцесорні програмовані контролери (програмовані засоби).

У таких системах велику частину функцій керування виконують технічні засоби, меншу частину — оперативний персонал. Сучасні технологічні лінії і складні технологічні установки зазвичай оснащуються локальними системами другої групи (механізовані лінії виробництва сиру, пластинчасті пастеризаційні і стерилізаційні установки, установки для циркуляційного миття устаткування, установки для нормалізації молока і ін.) . Елементна база локальних систем ґрунтується на використанні приладів і засобів керування як галузевого, так і загальнопромислового призначення.

Централізовані автоматизовані системи контролю і керування забезпечують керування групою технологічних процесів, виробництв або підприємств в цілому з одного пункту керування. Системи керування такого типу проектують і вмонтовують разом зі всім виробничим комплексом цеху або заводу.

У молочній промисловості отримали застосування централізовані системи керування на основі використання як приладових засобів контролю та регулювання апаратними засобами, так і керування з використанням обчислюваних комплексів та мікропроцесорних програмованих контролерів (МПК). Такі системи реалізовані на молочних комбінатах і ряду заводів по виробництву сухих дитячих молочних продуктів, згущеного стерилізованого молока, згущеного молока з цукром і ін.

Зміна технології чи асортименту продукції вимагає електричного (пневматичного) перемонтажу. Вказаний недолік апаратних засобів тим видніший, чим складніший технологічний процес і чим вищий рівень автоматизації. Тому для великих підприємств з високим рівнем і об'ємом автоматизації найбільш ефективні для реалізації автоматизовані системи керування з використанням МПК.

Централізовані системи з програмованими засобами керування є найбільш сучасними і прогресивними. Вони забезпечують автоматизований збір і обробку інформації, керування технологічним процесом і є якісно новим виглядом систем, що створює умови для оптимізації як керування, так і технологічних режимів роботи.

Такі системи вимагають мінімальної участі оператора в керуванні. При використанні МПК легко здійснювані зміни в структурі систем і алгоритмів керування шляхом коректування програмних засобів без залучення монтажних змін.

Найбільш прогресивними є системи з використанням мікропроцесорних засобів в режимі роботи, що інформаційно керує. Для їх застосування необхідно забезпечити високу надійність МПК, оскільки відмова елементів обчислювальної машини може привести до зупинки устаткування і аварійної

ситуації. З цією метою при централізованій організації системи, коли МПК керує процесами виробництва, для підвищення надійності системи використовують двопроцесорні комплекси, один з яких управляє технологічними процесами, спостерігає за резервним процесором і передає йому необхідну інформацію. У разі несправності першого процесора керування передається іншому, резервному. Проте перспективніші системи з ієрархічно розподіленою структурною організацією, тобто нижнім і верхнім рівнями керування. Така структурна організація системи стала ефективною з появою надійних програмованих мікропроцесорних пристроїв.

При ієрархічній організації системи кожна група устаткування управляється своїм мікропроцесорним пристроєм, що працює автономно і пов'язаний з центральним координуючим обчислювальним комплексом (КОК).

В цьому випадку КОК, розвантажений від активних функцій керування, проводить техніко-економічні розрахунки, задає режими роботи окремим агрегатам і вирішує інші завдання, пов'язані з обробкою інформації і не вимагає значних об'ємів обчислень.

В порівнянні з першими у ієрархічних систем з мікропроцесорними пристроями є дві основні переваги: значно більша надійність і зниження витрат на кабельну продукцію. Це дозволяє прогнозувати ієрархічні системи з мікропроцесорними пристроями як найбільш перспективні для впровадження в молочній промисловості.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз технологічного процесу приймання і дозрівання молока

Для приймання молока на підприємствах молочної промисловості отримали застосування як локальні автоматизовані установки з обмеженим колом вирішуваних завдань, так і комплексні системи автоматичного керування процесами приймання. Що стосується локальних установок, то вони вирішують лише завдання вимірювання об'єму молока і рідких молочних продуктів в потоці, а у ряді випадків — і відбору середніх проб продукту. У свою чергу, комплексні системи вирішують велику групу завдань керування процесами приймання: перемішуванням молока, що приймається, протягом заданого проміжку часу, відбором середньої проби; вимірюванням параметрів складу і якості (кислотність, щільність, жирність, температура, механічна забрудненість), а також вимірюванням кількості прийнятого молока і регулюванням температури охолодження молока, транспортуванням його в резервуари для попереднього зберігання, реєстрацією основних параметрів молока і ін.

Локальні установки (стаціонарні і пересувні) для вимірювання об'єму молока і рідких молочних продуктів в потоці при їх прийманні за допомогою лічильників отримали найбільш широке застосування на молочних заводах. Установки комплектуються насосом, лічильником, охолоджувачем, фільтром, зворотним клапаном, автоматичним пристроєм для взяття середньої проби молока (пробовідбірником), датчиком контролю потоку молока, клапанами дистанційного керування і пристроєм для керування процесом приймання.

Стаціонарні установки застосовують при прийманні продукту для вимірювання його об'єму в потоці за допомогою лічильників з обертаючим поршнем. Крім того, установки включають щит керування і дистанційні вимірювальні пристрої.

Прикладом такої стаціонарної установки є установка фірми “ОТ-Тедас” (Фінляндія) призначена для вимірювання об'єму молока і рідких молочних продуктів у потоці за допомогою лічильників з поршнем, що обертаються, схема якої наведена на рис.1.1, продуктивністю 60 000 л/год при відносній похибці вимірювання (за даними фірми) до $\pm 0,3 \%$.

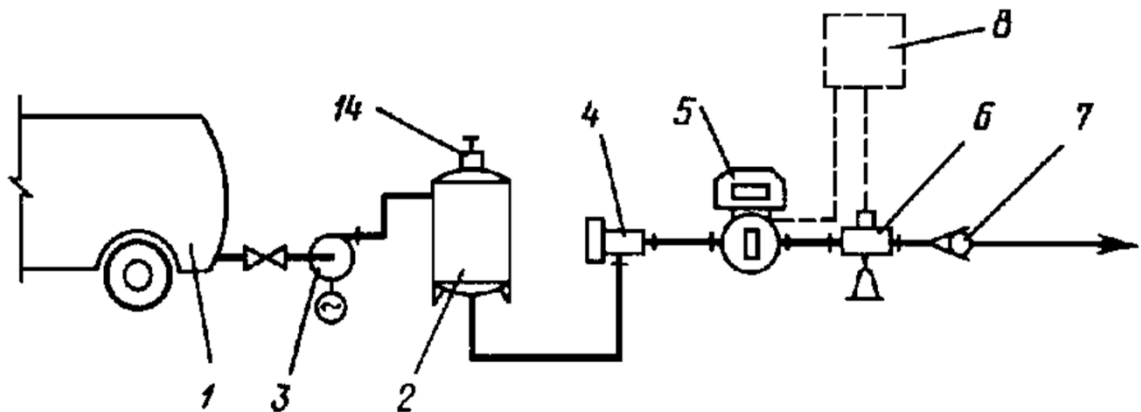


Рисунок 1.1. Схема вимірювальної установки для приймання молока в потоці

1 – автоцистерна; 2 – охолоджувач повітря; 3, 15 – насоси; 4 – фільтр; 5 – лічильник; 6 – пробовідбірник; 7 – зворотній клапан; 8 – пристрій керування; 9 – датчик сигналізації рівня; 10, 16 – клапани з пневмоприводом; 11 – датчик наявності молока; 12 – клапан для випуску повітря; 13 – вставка трубопроводу зі скляним вікном; 14 – поворотний регулятор; 17 – форсунка.

Разом із стаціонарним випускаються пересувні установки продуктивністю 20000 л/год. Устаткування установки (відцентровий або самовсмоктуючий насос, фільтр, лічильник і зворотній клапан) змонтовано на колісному візку. Це дозволяє застосовувати установки на різних ділянках виробничого циклу. Установка оснащена електрообладнанням для пуску насоса і сполучним кабелем.

Недоліком розглянутої системи є те, що вона не має сполучення з системою верхнього рівня, що обмежує її застосування при розробці комплексних автоматизованих систем керування. Прикладом комплексної системи керування прийманням і попереднім зберіганням молока є система, що побудована на безконтактних логічних елементах “Альфік” фірми “Альфа-Лаваль”.

Значення маси молока кожної автоцистерни автоматично вводиться в рахункову машину, розташовану на пульті оператора. За допомогою клавіатури на машинці можна виконувати операції розрахунку. На стрічці друкуючого пристрою друкується наступна інформація: місяць і день прийому молока; номер резервуару, що зважує (у який надійшло молоко); код постачальника; кислотність; масова частка жиру; температура; ступінь чистоти; кількість прийнятого молока і його клас.

Автоцистерни з молоком підключаються до поста приймання. Молоко перемішується мішалками М1. При прийманні насосом Н1 молоко з цистерни прямує в охолоджувач, через запобіжний запірний клапан ПКЗ, охолоджувач повітря, фільтр, лічильник молока 2 і далі — через групу клапанів в резервуари для попереднього зберігання. Охолоджене молоко з резервуарів насосом Н2 подається на теплову обробку. Охолоджувач комплектується регулятором 5 температур охолодження молока, керівним клапаном 6 на трубопроводі подачі крижаної води, приладом 4 для вимірювання і сигналізації температури охолодження продукту.

Кожен з резервуарів повинен мати датчик і вимірювальний прилад 11 для контролю температури молока і блоки 7, 8 і 10 сигналізації аварійного, верхнього і нижнього рівнів молока в резервуарі. Вторинний прилад вимірювання температури і релейні блоки сигналізаторів рівня розташовуються на щиті керування. У нижній частині резервуару встановлюється мембранний гідростатичний датчик 9 з пневматичним вихідним сигналом, вживаним для вимірювання (у комплекті з вторинним прибором) рівня продукту в резервуарі. Прилад подає сигнали на включення електродвигунів мішалок М2 або М3, коли рівень молока в резервуарі досягає заданого значення. Молоко з трубопроводів

витісняється за допомогою блоку продування В. При митті трубопроводів гнучкі шланги підключаються до трубопроводу миючих розчинів і води через клапани ПК1 і ПК2.

Процес приймання і зберігання молока відбувається так: оператор на пульті керування за допомогою кнопок набирає маршрут приймання і включає насос. Лічильник молока через заданий об'єм молока, що проходить через нього, подає імпульси на автоматичний пробовідбірник. У посуд, куди поступає молоко з пробовідбірника, збирається середня проба партії об'ємом $1/5000$ від загального об'єму молока в цистерні. Показання лічильника перетворюються в електричний сигнал і поступають в блок обчислень, де домножуються на коефіцієнт, рівний щільності молока. Сигнал, пропорційний масі молока, що поступає, подається в блок періодичного друку (БПД). За допомогою пристрою ручного введення інформації в блок періодичного друку вводиться інформація про склад і якість молока (вміст жиру, кислотність, щільність і ін.), що поступає, а також номер цистерни і дата.

При спорожненні цистерни починає знижуватися рівень молока у повітророзділювачі, внаслідок чого спрацьовує сигналізатор рівня, керуючий відключенням насоса.

При заповненні резервуару, наприклад Р1, після досягнення молоком датчика 8 потік молока перемикається в резервуар Р2 і припиняється надходження молока в резервуар Р1. Перемикання клапанів проводиться по сигналах пристрою програмного керування.

У схемах керування повинні використовуватися безконтактні логічні пристрої, виконані із застосуванням інтегральних схем і напівпровідникових елементів.

Контроль якості молока при прийманні здійснюється в лабораторії шляхом аналізу середньої проби, відібраної за допомогою пробовідбірника, або в цистерні за допомогою швидкодіючих приладів. До таких приладів відносяться жироміри молока "Мілко-Тестер" МКШ фірми "Фосс електрик" (Данія) або вітчизняні цифрові прилади типу ЦЖН-1, лабораторні рН-метри типу рН - 222.2;

лабораторні ареометри, прибори АНМ-1, що фіксують по точці замерзання фальсифікацію молока водою, білкоміри молока БМЦ-2 і інші прилади. Дані вимірювань з лабораторії передаються в пристрої друку для реєстрації.

Свіже молоко не придатне для виготовлення сиру. Певний час воно зберігає бактерицидні якості, тому молочнокислі бактерії не можуть розводитись. Тому здійснюють термічну обробку молока – тривалістю 12 - 16 годин при температурі 8 - 12°C. За час витримки кислотність молока не повинна підвищуватися більше ніж на 1 - 2°C.

У бактерицидний період свіже молоко не є повністю стерильним. В ньому, хоч і повільно, але розвиваються організми. Ця мікрофлора, яка має підвищену протиолітичну активність, сприяє збільшенню вмісту вільних амінокислот у молоці, що створює необхідні умови для розвитку молочно-кислих бактерій у майбутньому.

Після закінчення бактерицидної фази в дозріваючому молоці поступово починають розвиватися молочнокислі бактерії. Цей процес супроводжується бродінням молочного цукру. Це призводить до утворення солей молочної кислоти, які легко розчиняються у воді. Крім того молочна кислота відокремлює частки кальцію зв'язані з білком, переводячи його в розчинний молочнокислий калій.

Дозрівання слід проводити над сирим молоком. Зріле молоко добавляють в кількості 15 - 25% від повної маси молока. Пастеризація дещо зменшує, що отримується при дозріванні, але не знищує його повністю.

Допускається проводити дозрівання молока після пастеризації, але позитивний ефект в цьому випадку виходить значно меншим, ніж при дозріванні сирого молока.

1.2 Аналіз технологічного процесу нормалізації молока

Для забезпечення потрібних за регламентом технологічного процесу величин масової частки жирності молока, відношення масових доль жиру і сухих знежирених речовин молока (СОМО) або жиру і білка молоко нормалізують, додаючи в нього обезжирене молоко або вершки.

Молоко можна нормалізувати в статичних умовах (у резервуарах), коли задана кількість нормалізуючого продукту дозується в резервуар з молоком, що нормалізується, і змішується у потоці, коли змішують безперервно потоки молока в заданому співвідношенні із застосуванням сепаратора.

Отримання заданої масової частки жиру або іншого параметра в нормалізованому молоці досягається шляхом застосування систем керування, що працюють на основі одного з принципів регулювання: "по збуренню" або "по відхиленню параметра".

При використанні першого принципу, наприклад при нормалізації молока по жиру, на основі інформації про масову частку жиру в початковому молоці і нормалізуючому продукті автоматично стабілізують: співвідношення витрат нормалізуючого продукту і нормалізованого або нормалізуючого молока (при нормалізації в потоці) або співвідношення витрат надмірних і отримуваних вершків (при нормалізації з застосуванням сепараторів). При цьому досягається задане значення масової частки жиру в нормалізованому молоці.

При використанні другого принципу автоматично вимірюється масова частка жиру в нормалізованому молоці, порівнюється із заданим значенням і за наявності відхилення за допомогою керівних дій, наприклад шляхом зміни витрати нормалізуючого продукту, підтримується задане значення регульованого параметра.

Застосовуються також і комбіновані системи, де використовують як перший, так і другий принципи керування.

У системах з регулюванням співвідношення витрат корекцію співвідношень залежно від зміни масової частки жиру в нормалізованому молоці і нормалізуючому продукті зазвичай вводять операторним шляхом. Останніми роками найширше використовуються системи керування по "відхиленню параметра". При цьому для вимірювання масової частки жиру в нормалізованому молоці використовують як інструментальні методи контролю так і вимірювально-обрахункові методи.

Системи керування процесом нормалізації молока оснащуються технічними засобами вимірювання масової частки жиру і витрати або маси молока, що нормалізується, і нормалізуючого продукту. Відхилення масової частки жиру в нормалізованому молоці від заданого значення ΔE_i (абсолютна похибка нормалізації) залежить від похибок вимірювальних і регулюючих приладів, використовуваних при управлінні процесом.

Розрахунки показують, що у всіх системах керування може бути забезпечена $\Delta E_i < \pm 0,1 \%$ за умови застосування засобів вимірювання масової частки жиру з абсолютною похибкою, відповідно: у нормалізованому молоці ΔE_i не більш $\pm 0,1 \%$, а знежиреному молоці ΔE_i не більш $\pm 0,02 \%$ і в вершках ΔE_n не більше $\pm 0,5 \%$. У свою чергу, відносні похибки засобів вимірювання витрати продуктів і засобів регулювання співвідношень витрат мають бути не більш $\pm 1,5\%$ від верхньої межі вимірювання.

Система "Альфаст" фірми "Альфа-Лаваль" (Швеція) для нормалізації молока із застосуванням сепаратора застосовується для керування процесом нормалізації молока і вершків. До складу системи АСД-Д входять: ваговий щільномір отримуваних вершків; турбінні витратоміри отримуваних вершків і знежиреного молока; регулюючий клапан на трубопроводі отримуваних вершків; регулятор тиску знежиреного молока.

По величині щільності вершків контролюється масова частка жиру в вершках. Крім того, результати вимірювань витрат знежиреного молока і вершків і масової частки жиру в вершків вводяться в пристрій, який розраховує

масову частку жиру в молоці, що нормалізується. На основі інформації про величину Жм пристрій розраховує масову частку жиру в вершках. Розрахункова величина цього параметра порівнюється з фактичною за даними вимірювання щільності. При нормальній роботі системи обидві ці величини мають бути ідентичні.

1.3 Аналіз технологічного процесу теплової обробки молока

Сире молоко пастеризують з метою знищення шкідливої мікрофлори. Пастеризацію здійснюють при температурі 71 - 72°C з витримкою 20 - 25с, а при високому ступені бактеріальної забрудненості молока — при 74 - 76° С. Подальше підвищення температури не допускається, оскільки при цьому одно і двохзаміщені солі кальцію переходять в тризаміщені і випадають в осад. Крім того, в умовах високих температур відбувається несприятлива зміна ступеню дисперсності казеїну і посилюється коагуляція альбуміну і глобуліну. Білкові пластівці, що утворюються, надалі захоплюються сичужним згустком, залишаються в сирному зерні і затримують його обезводнення при обробці (альбумін і глобулін мають вищу в порівнянні з казеїном гідрофільність).

За найбільш перспективний вважається бактеріофугіровання молока на спеціальних сепараторах-бактеріофугах.

1.4 Виробництво заквасок

Технологічні процеси вироблення заквасок підрозділяють на два типи: процеси отримання рідких заквасок і процеси виробництва бактеріальних концентратів.

Для виробництва рідких заквасок вітчизняною промисловістю випускаються заквашувальні установки, ванни тривалої пастеризації, кожна з

яких оснащена локальним пристроєм керування, що забезпечує сигналізацію про заповнення ванн молоком, підтримання заданої температури молока, витримку його протягом певного часу при температурі пастеризації, стабілізацію температури молока в процесі культивування молочнокислих бактерій.

Технологічний процес отримання бактеріальних концентратів характеризується тим, що середовищем для культивування мікроорганізмів є молочна сироватка з додаванням розчинів буферних солей і стимуляторів зростання. Процес складається з наступних основних операцій: підготовка живильного середовища (змішування компонентів, стерилізація, охолодження), культивування мікроорганізмів, охолодження і відділення бактеріальних кліток від живильного середовища, змішування бактеріальних кліток із захисним середовищем, сушка бактеріальної суспензії.

Зараз у виробництві все ширше використовуються бактерійні препарати, що є концентратами активної мікрофлори. Видовий її склад той же, що і в звичайних бактеріальних заквасках. Бактеріальний препарат можна вносити до молока безпосередньо або після попередньої активізації, для чого його розчиняють в стерилізованому або пастеризованому молоці і витримують протягом 2 - 3 год при температурі 30° С.

Якість бактеріальної закваски визначається не тільки її загальним видовим складом. Кожен вид молочнокислих бактерій включає безліч різновидів (штамів), маючих різну активність і різні біохімічні якості. При підборі молочнокислих бактерій для закваски відбирають штами з необхідною біохімічною активністю. Останнім часом широко застосовується запропонований З.Х. Діланяном принцип підбору молочнокислих бактерій по їх здатності накопичувати вільні амінокислоти. Розроблена методика відбору штамів молочнокислих бактерій по їх ліполітичній активності.

1.5 Внесення в молоко додаткових компонентів

Пастеризація погіршує звертання молока сичужним ферментом. Для відновлення нормального звертання молока і покращення якостей сичужного згустку слід добавляти на 100 кг суміші від 10 до 40 г безводного хлористого кальцію. В кожному випадку дозу хлористого кальцію встановлюють за показами пристрою для сичужної проби в відповідності з якостями молока і якістю отриманого згустку.

Як правило хлористий кальцій вносять в суміш в вигляді 40 % розчину. Для його приготування 400 г хлористого кальцію розчиняють в гарячій (95°C) воді, доливаючи її до солі до об'єму 1 л. Розчину дають відстоятися, а потім зливають в керамічні або з нержавіючої сталі баки.

В результаті внесення солей хлористого кальцію не тільки прискорюється звертання молока, але і покращується структура згустку, при його обробці зменшуються витрати жиру і білка в сироватці, а також пришвидшується виділення сироватки.

Багато дослідників вважають, що селітра не тільки пригнічує життєдіяльність шкідливої мікрофлори, скільки надає гальмуючу дію на її ферментативний апарат, уповільнюючи тим самим утворення газів (вуглекислоти і водню). При цьому наголошується, що ефективність селітри виявляється в набагато більшому ступені, якщо вона застосовується при виробленню сиру з сирого молока.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Огляд технологічного процесу утворення сичужного згустку

Температурний режим сичужного згортання молока визначається типом сиру, що підлягає виробництву. Зокрема, для виготовлення м'яких сичужних сирів процес коагуляції проводять за знижених температур — 28–30 °С, що забезпечує збільшення тривалості згортання.

Сичужне згортання молока відбувається внаслідок внесення до молочної сировини спеціального ферментного препарату — сичужного порошку. Тривалість коагуляції регламентується залежно від виду сиру і для м'яких сичужних сирів становить у середньому 45–95 хвилин.

Оптимальна доза ферментного препарату визначається на підставі показань приладу для встановлення сичужної проби. Нормативно вважається концентрація 2,3–2,5 г сичужного порошку на 100 кг молока. Якщо показники проби перевищують норму, рекомендується збільшити дозу хлористого кальцію та бактеріальної закваски, а також дещо підвищити температуру коагуляції з метою покращення умов згортання. Збільшення кількості сичужного порошку понад 2,5 г на 100 кг молока є небажаним.

Розраховану кількість ферментного препарату попередньо розчиняють у теплій воді (30–35 °С) за 10–15 хв до внесення в молоко. Після додавання ферменту молоко перемішують протягом 3–5 хвилин, а далі залишають у стані спокою до формування згустку необхідної міцності.

У зв'язку зі зростанням обсягів виробництва сирів сичужний порошок стає дедалі дефіцитнішим, тому здійснюються спроби його часткової або повної заміни. Найбільш подібним за коагулювальною активністю є пепсин, що отримується зі шлунків тварин. Проте його застосування в чистому вигляді небажане через надмірно високу протеолітичну активність, яка може спричинити виникнення дефектів готового продукту. Дослідження засвідчили,

що очищений яловичий пепсин у поєднанні з сичужним ферментом є цілком придатним для виробництва сичужних сирів. Такий комбінований ферментний препарат, відомий як препарат ВНІМС, нині широко використовується в сироварній промисловості.

Електронним мікроскопуванням препаратів звертуючогося молока доведено існування в згустку довгих пепей казеїнових частинок. Ці ланцюги утворюють тривимірну об'ємну структуру, в «петлях» якої міцно утримуються жирові кулі і волога.

Процес сичужного згортання молока і якість згустку визначаються багатьма умовами. Встановлено, що продовжуваність згортання обернено пропорційна кількості доданого в молоко сичужного порошку. Згортаюча здатність сичужного ферменту найактивніше виявляється при температурі 40-42° С. На практиці, проте, така температура сичужного згортання не застосовується, оскільки вона несприятлива для розвитку мезофільних молочнокислих стрептококів. При температурі 25°С і нижче сичуже звертання сильно сповільнюється, а згусток, що утворюється, має рихлу структуру; при температурі нижче 8°С згусток, взагалі не утворюється (незалежно від кількості сичужного порошку, що вноситься). З підвищенням температури понад 50°С починається інактивація сичужного ферменту, при 60 - 65°С він інактивується повністю. Збільшення кислотності молока помітно прискорює його сичуже згортання, проте при рН 6 і нижче, що відповідає 60-65°Т, відбувається вже кислотне згортання молока.

Неодмінною умовою сичужного згортання молока є достатня кількість іонів кальцію. Якщо їх повністю видалити з молока (наприклад, за допомогою щавлевої кислоти), сичужного згортання молока не відбудеться. Крім того, на процес сичужного згортання молока і якість згустка робить вплив вміст і склад казеїну. Альбумін і глобулін не згущуються під дією сичужного ферменту і при виробленні сиру віддаляються з сироваткою.

Сичуже згортання молока при виробленні сирів залишається процесом, здійснюваним періодично (тобто згортанню піддається тільки певний об'єм

молока в сироварній ванні або сировиготовлювачі). В той же час вже давно ведуться досліді, направлені на створення безперервно-потоків способів отримання сичужного згустку. Один з таких способів заснований на використанні так званої «прихованої» сичужної коагуляції молока. Встановлено, що повністю підготовлене до сичужного згортання молоко з внесеним сичужним ферментом при температурі нижче 10°C не згущується протягом тривалого часу. Після певної витримки при підвищенні температури до 30 - 34°C таке молоко згущується миттєво.

2.2 Огляд технології обробки сичужного згустку і сирного зерна

Механізм обробки сичужного згустку (розрізання, дроблення та вимішування сирного зерна) застосовують для його часткового обезводнення. Для прискорення обезводнення проводять також друге нагрівання. В процесі обробки з сирного зерна виділяється сироватка. Відбувається це за рахунок того, що строма згустку (казеїнові ланцюжки) скорочується і із петель строми видавлюється водяна фаза. Разом з сироваткою відходять тільки дрібні жирові кульки, тому сироватка, що виділяється з сирного зерна, має порівняно низький вміст жиру 0,2 - 0,3%. Крім того, при дробленні згустку утворюються дуже дрібні частинки — сирний пил, який у завислому стані залишається в сиворотці, підвищуючи її жирність ще на 0,1 - 0,2%. І, нарешті, при утворенні сичужного згустка, поки молоко ще не згорнулося, частина крупних жирових кульок встигає спливати на поверхню. Цей жир теж переходить в сироватку. В результаті кінцевий вміст жиру в сироватці складає зазвичай 0,4 - 0,6%.

Кислотність середовища (сироватки) і температура — основні чинники, що визначають швидкість синерезису білка, а отже, і швидкість обезводнення сирного зерна при обробці. Таким чином, від інтенсивності процесу залежить і швидкість обезводнення сирного зерна. Хід молочнокислого процесу постійно контролюється. Кислотність сироватки визначається після розрізання згустку.

Готовність сичужного згустку визначають по його міцності. Для цього металевим шпателем згусток розрізають і плоскою частиною шпателя злегка підводять його по напрямку розрізу. Готовий згусток повинен розколюватися, утворюючи нерозсиплювані гострі краї. При цьому відразу ж виділяється прозора сироватка зеленуватого кольору.

Дуже слабкий і надмірно міцний згусток розрізати небажано, оскільки при цьому утворюється нерівномірне за розміром зерно і підвищена кількість сирного пилу.

Згусток розрізають приводними ножами-мішалками, що обертаються з мінімальною швидкістю. При виробленні деяких видів сирів, де потрібна постановка крупного зерна (біля 10 мм), використовують дві ножові рами з вертикальними і горизонтальними лезами, відстань між якими відповідають величині зерна.

Тривалість процесу розрізання згустку становить 15 - 20 хв. Далі його вимішують для обезводнення зерна. При цьому, щоб запобігти подальшому дробленню згустку, ножі-мішалки заміняють лопатевими мішалками.

Подальший підігрів зерна відбувається до температури 48 - 55°C протягом 15 - 30 хв. Після цього зерно обсушують, вимішуючи протягом 30 -60 хв.

2.3 Отримання кисломолочного сиру

Розвиток молочнокислого процесу при виробництві сиру залежить від багатьох чинників: якості молока, видового складу і активності мікрофлори, що розвивається в сирі, кількості молочного цукру, що залишився в ньому. Якщо перші чинники вже не піддаються якому-небудь виправленню, то вміст молочного цукру певною мірою можна регулювати.

Досягається це зниженням концентрації молочного цукру і молочної кислоти в сироватці. Концентрацію молочного цукру и молочної кислоти в сироватці можна зменшити, розбавивши водою в кількості від 5 до 25% маси

молока, що переробляється. Вода має бути чистою, пастеризованою за температури 90 - 95° С. Вносять її на початку другого нагрівання. Якщо доза гарячої води порівняно велика, то її буває достатньо для досягнення необхідної температури другого нагрівання.

Необхідність розбавлення сироватки водою, а також ступінь цього розбавлення визначаються в основному мінімальним значенням рН сиру, таким, що досягається до моменту повного зброджування молочного цукру.

Після нагрівання для подальшої обсушки і ущільнення сирного зерна його вимішують протягом 30 - 60 хв.

Готовність сирного зерна до промивки періодично визначається слідуючим способом: беруть з ванни зерно, промивають його протягом 2 - 3 хв в холодній (8 - 10°С) проточній воді. Охолоджене готове зерно при легкому стисненні в руках злегка ущільнюється, але зберігає свою округлу форму після розтиснення. По готовності сирного зерна випускають з рубашки гарячу і подають холодну воду, сиворотку видаляють повністю, а потім у ванну з зерном заливають питну воду і сирне зерно перемішують при повільному обертанні мішалок протягом 3 - 5 хв.

Потім видаляють воду і повторно заливають сирне зерно питною водою, охолодженою до 2 - 3°С, витримуючи зерно 15 - 20 хв.

Після повторного промивання видаляють воду, а сирне зерно обсушують в сирній ванні. Тривалість обсушування зерна 30 - 50 хв.

Готове до змішування з вершками зерно повинне мати кислотність рН 4,6-4,7, температуру 6 - 8°С.

Змішування сирного зерна з вершками проводять в змішувачах в вигляді бочки місткістю 100 - 130 кг. Після змішування з вершками творог температурою 4 - 6°С залишають на 2 год для поглинання зерном вершків, а потім розфасовують.

В таблиці 2.1 наведено параметри технологічного процесу отримання кисломолочного сиру.

Таблиця 2.1 - Технологічні параметри

№ п/п	Параметр	Одиниці вимірювання	Значення	Відхилення
1	Температура пастеризації молока	°C	75	±1
2	Кислотність молока	°T	18	±1
3	Температура заквашування молока	°C	25	±1
4	pH готового згустку	pH	4,65	±0,05
5	Температура першого нагрівання згустку	°C	37,5	±0,5
6	Температура другого нагрівання згустку	°C	51,5	±3,5
7	Кислотність згустку після промивки	°T	149	±1
8	Температура згустку після промивки	°C	7	±1
9	Температура кисломолочного сиру	°C	5	±1

2.4 Вимоги до системи автоматизації

Проектowana автоматизована система повинна забезпечувати наступні вимоги:

1. Автоматичний контроль і сигналізацію температури нагріву і охолодження згустку;
2. Сигналізація максимального значення тиску згустку перед апаратом для теплової обробки;
3. Контроль витрати маси згустку;
4. Автоматичний контроль і сигналізацію верхнього граничного тиску кисломолочного сиру перед охолоджувачем;

5. Автоматичний контроль і сигналізацію температури кисломолочного сиру після охолоджувача;
6. Сигналізацію верхнього і нижнього рівнів продукту в резервуарі для кисломолочного сиру;
7. Сигналізацію роботи клапанів, насосів;
8. Автоматичне регулювання температури нагріву і охолодження згустку;
9. Автоматичне регулювання температури охолодження кисломолочного сиру;
10. Керування групами клапанів, електродвигунами устаткування.

2.5 Аналіз технологічного процесу як об'єкта керування

Перед розробленням системи управління техпроцесом безперервного виробництва кисломолочного сиру необхідно ідентифікувати критичні технологічні параметри, що підлягають контролю та автоматичному регулюванню.

Конфігурація та робочі характеристики системи керування визначаються параметрами техпроцесу як об'єкта управління. Основні змінні процесу повинні підтримуватися на стабільному рівні або змінюватися відповідно до визначеного режиму роботи установки. Точність підтримання параметрів залежить від застосованих алгоритмів регулювання та функціональної спроможності системи.

Технологічні змінні можуть бути отримані шляхом прямого вимірювання або непрямо – через розрахунок на основі інших відомих параметрів. До їх складу входять:

- **змінні керування**, які забезпечують дію на об'єкт;
- **регулюючі змінні**, що формують основу системи стабілізації процесу;
- **збурюючі впливи**, зміни яких не залежать від роботи системи керування та відображають зовнішні фактори.

Технологічний аналіз характеризує оцінку його статичних та динамічних характеристик, визначення чутливості до зовнішніх збурень, а також встановлення взаємозв'язків між функціями контролю, регулювання та захисту.

Процес формування згустку доцільно розкласти на технологічні стадії, для кожної з яких виділяється набір контрольованих і регульованих параметрів, необхідних для оптимальної роботи обладнання.

На рис. 2.1 наведено параметрами, що мають вплив на утворення кисломолочного сиру.

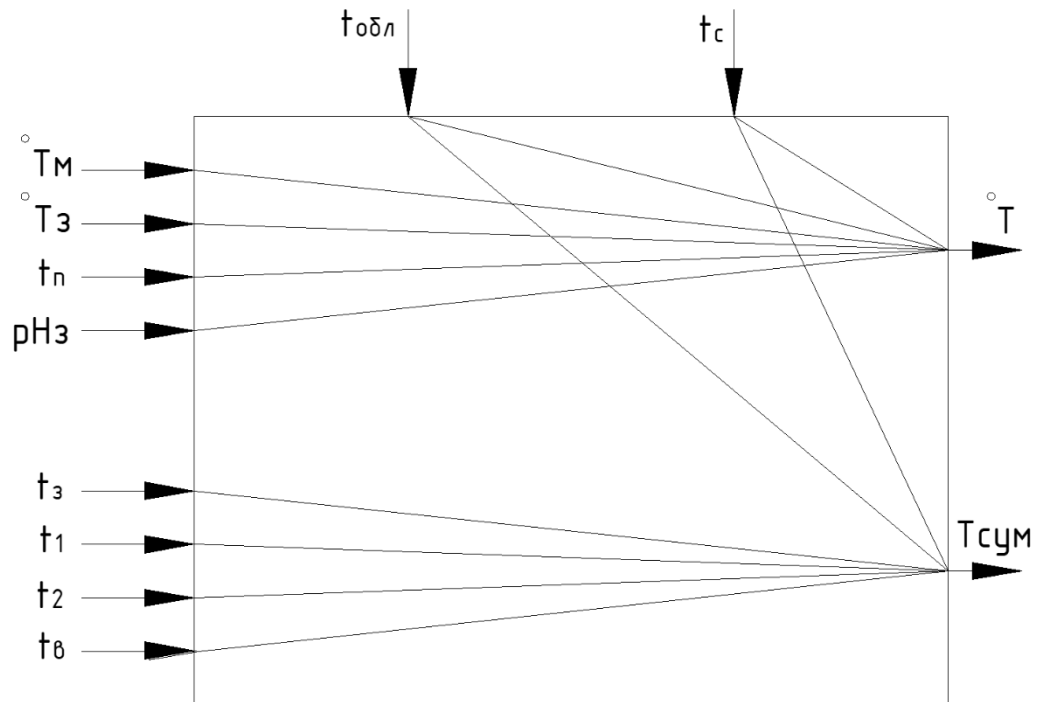


Рисунок 2.1- Структурна схема зв'язків

Вхідні параметри:

$^{\circ}T_M$ – кислотність молока;

$^{\circ}T_3$ – кислотність згустка після промивки;

t_n – температура пастеризації молока;

pH_3 – pH готового згустка

t_3 – температура згустка після промивки;

t_1 – температура першого нагрівання;

t_2 – температура другого нагрівання;

t_v – температура вершків.

Вихідні параметри:

$^{\circ}T$ – кислотність творогу;

$T_{\text{сум}}$ – температура готової суміші.

Збурюючі параметри:

$t_{\text{обл}}$ – температура обладнання;

t_c – температура середовища в приміщенні.

Такі змінні при переході від одного локального об'єкта управління до іншого визначають її відповідність ДСТУ за нормованими показниками.

2.6 Вибір функціональної схеми керування технологічним процесом

Для приймання молока на підприємстві буде застосовано комплексну систему автоматизованого керування процесами приймання. Комплексні системи вирішують велику групу завдань керування процесами приймання: перемішуванням молока, що приймається, протягом заданого проміжку часу, відбором середньої проби; вимірюванням параметрів складу і якості (кислотність, щільність, жирність, температура, механічна забрудненість), а також вимірюванням кількості прийнятого молока і регулюванням температури охолодження молока, транспортуванням його в резервуари для попереднього зберігання, реєстрацією основних параметрів молока і ін.

Локальні установки (стаціонарні і пересувні) для вимірювання об'єму молока і рідких молочних продуктів в потоці при їх прийманні за допомогою лічильників отримали найбільш широке застосування на молочних заводах. Установки комплектуються насосом, лічильником, охолоджувачем повітря, фільтром, зворотним клапаном, автоматичним пристроєм для взяття середньої

проби молока (пробовідбірником), датчиком контролю потоку молока, клапанами дистанційного керування і пристроєм для керування процесом приймання.

Стаціонарні установки застосовують при прийманні продукту для вимірювання його об'єму в потоці за допомогою лічильників з поршнем, що обертається. Крім того, установки включають щит керування і дистанційні вимірювальні пристрої

Прикладом комплексної системи керування прийманням і попереднім зберіганням молока є система побудована на безконтактних логічних елементах “Альфік” фірми “Альфа-Лаваль” (Швеція).

Значення маси молока кожної автоцистерни автоматично вводиться в обчислювальну машину, розташовану на пульті оператора, де буде записана наступна інформація: місяць і день прийому молока; номер резервуару, що зважує (у який надійшло молоко); код постачальника; кислотність; масова частка жиру; температура; ступінь чистоти; кількість прийнятого молока і його клас.

Процес приймання і зберігання молока в автоматичному режимі протікає таким чином. Лічильник молока через заданий об'єм молока, що проходить через нього, подає імпульси на автоматичний пробовідбірник. У посуд, куди поступає молоко з пробовідбірника, збирається середня проба партії об'ємом $1/5000$ від загального об'єму молока в цистерні. Показання лічильника перетворюються в електричний сигнал і поступають в блок обчислень, де множаться на коефіцієнт, рівний щільності молока. Сигнал, пропорційний масі молока, що поступає, подається в блок періодичного друку (БПД). За допомогою пристрою введення інформації в блок періодичного друку, вводиться інформація про склад і якість молока (вміст жиру, кислотність, щільність і ін.), що поступає, а також номер цистерни і дата.

При спорожненні цистерни починає знижуватися рівень молока у повітророзділювачі, внаслідок чого спрацьовує сигналізатор рівня, що управляє відключенням насоса.

При заповненні резервуару, наприклад Р1, після досягнення молоком давача потік молока перемикається в резервуар Р2 і припиняється надходження молока в резервуар Р1. Перемикання клапанів проводиться по сигналах пристрою керування.

У схемах керування використовуються безконтактні логічні пристрої, виконані із застосуванням інтегральних схем і напівпровідникових елементів.

Контроль якості молока при прийманні здійснюється в лабораторії шляхом аналізу середньої проби, відібраної за допомогою пробовідбірника, або в цистерні за допомогою швидкодіючих приладів. До таких приладів відносяться жироміри молока "Мілко-Тестер" МКШ фірми "Фосс електрик" (Данія) або вітчизняні цифрові прилади типу ЦЖН-1, лабораторні рН-метри типу рН-222.2; лабораторні ареометри, прилади АНМ-1, що фіксують по точці замерзання фальсифікацію молока-водою, білкоміри молока БМЦ-2 і інші прилади. Дані вимірювань з лабораторії передаються в запам'ятовуючі пристрої для реєстрації.

Для забезпечення потрібних за регламентом технологічного процесу величин масової частки жиру в молоці, відношення масових долей жиру і СОМО або жиру і білка молоко нормалізують, додаючи в нього обезжирене молоко або вершки.

Завданням системи керування процесом нормалізації є забезпечення заданої масової частки жиру або іншого параметра в нормалізованому молоці. Це завдання забезпечується використовуючи системи управління, що працюють на основі одного з принципів регулювання: "по збуренню" або "по відхиленню параметру".

При використанні першого принципу, наприклад при нормалізації молока по жиру, на основі інформації про масову частку жиру в початковому молоці і нормалізуючому продукті автоматично стабілізують: співвідношення витрат нормалізуючого продукту і нормалізованого або нормалізуючого молока (при нормалізації в потоці) або співвідношення витрат надмірних і отримуваних вершків (при нормалізації з застосуванням сепараторів). При цьому досягається задане значення масової частки жиру в нормалізованому молоці.

При використанні другого принципу автоматично вимірюється масова частка жиру в нормалізованому молоці, порівнюється із заданим значенням і за наявності відхилення за допомогою керівних дій, наприклад шляхом зміни витрати нормалізуючого продукту, підтримується задане значення регульованого параметра.

Найширше використовуються системи керування по "відхиленню параметра". При цьому для вимірювання масової частки жиру в нормалізованому молоці використовують як інструментальні методи контролю так і вимірювально-обрахункові методи.

У останньому випадку масова частка жиру в молоці автоматично вираховується за допомогою мікропроцесорних пристроїв на основі інформації про непрямі параметри, функціонально пов'язані з масовою часткою жиру в контрольованому параметрі.

Системи керування процесом нормалізації молока оснащуються технічними засобами вимірювання масової частки жиру і витрати або маси молока, що нормалізується, і нормалізуючого продукту. Відхилення масової частки жиру в нормалізованому молоці від заданого значення ΔE_i (абсолютна погрішність нормалізації) залежить від погрішностей вимірювальних і регулюючих приладів, використовуваних при управлінні процесом.

Розрахунки показують, що у всіх системах керування може бути забезпечена $\Delta E_i < \pm 0,1 \%$ за умови застосування засобів вимірювання масової частки жиру з абсолютною погрішністю, відповідно: у нормалізованому молоці ΔE_i не більш $\pm 0,1 \%$, а знежиреному молоці ΔE_i не більш $\pm 0,02 \%$ і в вершках ΔE_i не більше $\pm 0,5 \%$. У свою чергу, відносні похибки засобів вимірювання витрати продуктів і засобів регулювання співвідношень витрат мають бути не більш $\pm 1,5\%$ від верхньої межі вимірювання.

По величині щільності вершків контролюється масова частка жиру в вершків, а за допомогою мікропроцесорного пристрою регулюється задане значення параметра. Крім того, результати вимірювань витрат знежиреного

молока і вершків і масової частки жиру в вершках вводяться в мікропроцесорний пристрій, який розраховує масову частку жиру в молоці, що нормалізується. На основі інформації про величину Жм мікропроцесорний пристрій розраховує масову частку жиру в вершках. Розрахункова величина цього параметра порівнюється з фактичною за даними вимірювання щільності. При нормальній роботі системи обидві ці величини мають бути ідентичні.

Прикладом системи для нормалізації молока і вершків є система АДС-Д, що використовує комбінований спосіб керування процесом. На рис. 2.2 приведена функціональна схема цієї системи.

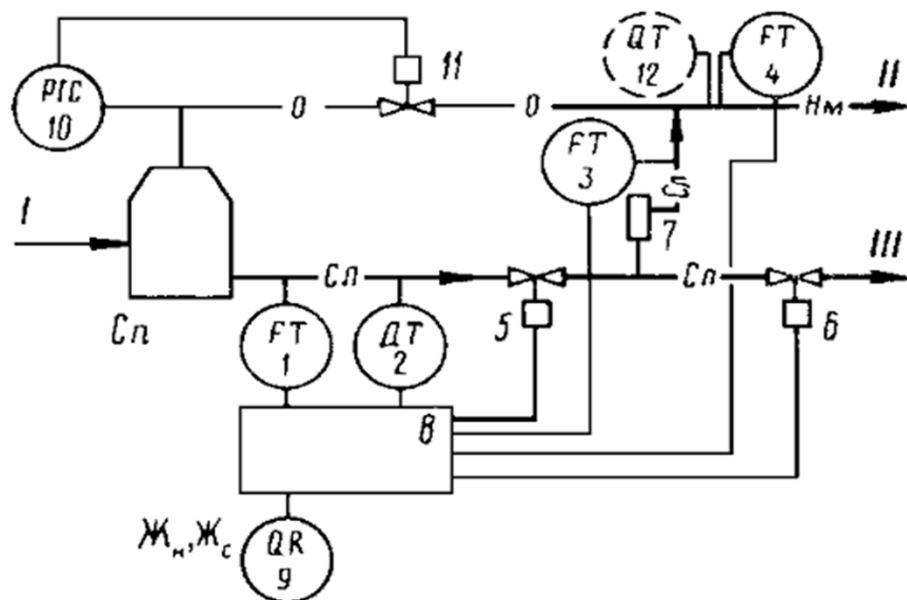


Рисунок 2.2 - Функціональна схема системи керування із застосуванням технічних засобів для вимірювання масової частки жиру

/ - /// - трубопроводи для подачі нормалізуючого та видачі нормалізованого молока та вершків; Сп – сепаратор-вершковідділювач

До складу системи входять турбінні витратоміри 1, 3 і 4 вершків і нормалізованого молока; регулюючі клапани 5 і 6 на трубопроводах отримуваних і надлишкових вершків; клапан 7 на трубопроводі вершків, що йдуть на нормалізацію; мікропроцесорний пристрій керування 8; прилад 9 для реєстрації масової частки жиру в вершків і нормалізованому молоці; регулятор тиску знежиреного молока 10 з регулюючим клапаном 11. Залежно від

виконання системи вона комплектується ваговим щільноміром 2 вершків або приладом 12 типу МТС для вимірювання масової частки жиру в нормалізованому молоці.

Якщо до складу системи входить щільномір вершків, то її функціонування здійснюється таким чином. Стабілізується масова частка жиру в вершках і на основі інформації про масову частку жиру в вершках і знежиреному молоці, витраті вершків, що йдуть на нормалізацію, і витраті нормалізованого молока мікропроцесорним пристроєм 8 розраховується масова частка жиру в нормалізованому молоці Жн і порівнюється із заданим значенням. За наявності відхилення між ними шляхом зміни витрати надмірних вершків клапаном 6 стабілізується задана величина Жн. У системі передбачена реєстрація масової частки жиру в вершках і нормалізованому молоці приладом 9.

Якщо до складу системи замість щільноміра входить прилад МТС для вимірювання масової частки жиру в нормалізованому молоці, то алгоритм керування дещо змінюється. Тут на основі інформації про масову частку жиру в нормалізованому молоці і витратах нормалізованого молока і вершків, що йдуть на нормалізацію, розраховується масова частка жиру в вершках і стабілізується задане значення цього параметра. Далі розраховується масова частка жиру в нормалізованому молоці, стабілізується її задане значення і розрахункова величина цього параметра порівнюється з фактичною величиною по приладу МТС. За наявності відхилень уточнюється масова частка жиру в вершках і так далі.

Локальні системи автоматичного керування процесами теплової обробки молока призначені для підтримки заданих теплових режимів нагрівання і охолодження молока, тривалості його витримки, повернення підігрітого продукту, запуску і зупинки пристроїв.

Системи керування установками пастеризації молока широко застосовуються в молочній промисловості.

Найбільш поширеним видом установок теплової обробки молока є пластинчасті пастеризаційно-охолоджувальні установки (ППОУ).

Основними причинами, що викликають коливання температури нагрівання молока, є: непостійність витрати продукту і температури початкового (пастеризованого) молока; зміна витрати гріючої пари, обумовлена коливаннями його тиску, і коефіцієнта теплопередачі внаслідок відкладення білка на теплопередаючих поверхнях. Для стабілізації температури нагрівання молока в якості керуючої дії в основному приймають витрату пари або витрату продукту.

Причинами, що викликають коливання температури охолодження молока в установках, є: зміни температури холодоносія (води або розсолу) і його витрати, викликаного коливаннями тиску холодоносія; витрати продукту. В якості керуючої дії для стабілізації температури охолодження молока приймають витрату холодоносія

В якості систем керування стерилізацією молока в пластинчастих установках найбільш характерною є установка, що використовує сучасні засоби автоматизації мікропроцесорних контролерів для керування роботою регуляторів для стабілізації температурних режимів.

Молоко з підігрівача поступає в приймальний бак, з якого насосом Н1 подається в гомогенізатор і далі в шестисекційний пластинчатий апарат. У секції здійснюється власне стерилізація молока при температурі 137 ± 2 °С з витримкою 4 с.

Далі, проходячи через секцію регенерації д, секції охолодження г і в, молоко охолоджується до 4 °С і прямує через асептичні клапани К11 і К12 в асептичні резервуари. Секції а і б використовуються в лініях подачі водопровідної води, яка через проміжні баки Б2 і Б3 з поплавковими регуляторами рівня 12, 13 подається насосами Н2 і Н3 на установку. Вода для нагріву молока циркулює в контурі: бак Б3 — насос Н3 — клапан К14 — секція регенерації — інжектор — секція стерилізації — бак Б3. Вода нагрівається в секції регенерації мо-локом і в інжекторі паром, який подається через відсічний клапан К20 і регулюючий клапан К19.

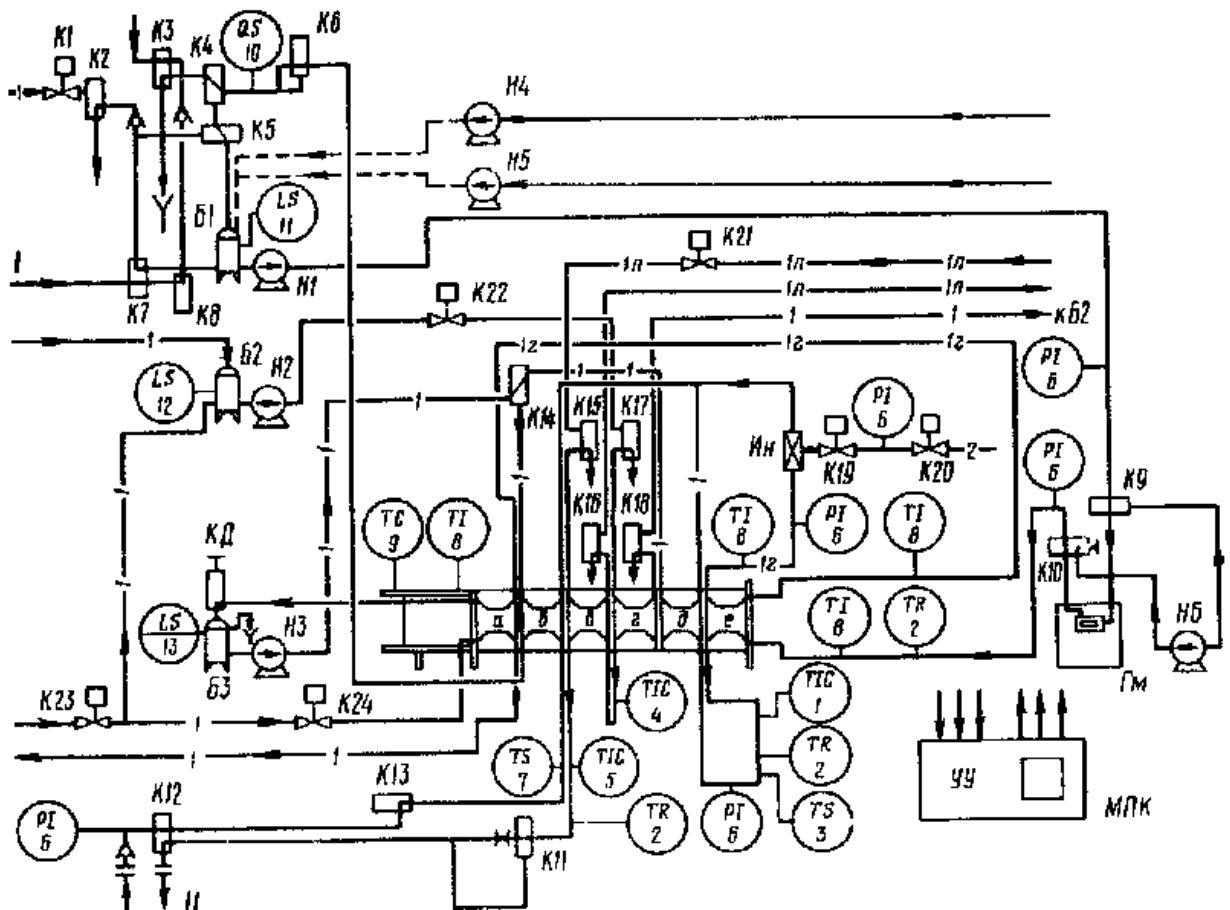


Рисунок 2.3 - Функціональна схема системи керування установкою стерилізації

/ - подача молока на обробку; // - вихід стерилізованого молока; Б1 – приймальний бак для молока; Б2, Б3 – проміжні баки для води; Ін – інжектор; Н1-Н6 – насоси; Гм – гомогенізатор; Пс – пластинчатий теплообмінний апарат; К2-К18 – клапани з поршневим пневмоприводом; К19, К21, К22 і К24 – регулюючі клапани з мембранним приводом; К1, К20, К23 – відсічні клапани з мембранним приводом; КД – дросельний клапан

Водопровідна вода для попереднього охолодження молока в секції г подається з бака Б2 насосом Н2 через регулюючий клапан К22 і відсічні клапани К17 і К18. Крижана вода для охолодження молока в секції в подається через регулюючий клапан К21 і відсічні клапани К15 і К16.

Концентровані розчини кислоти і лугу при митті установки дозуються насосами Н4 і Н5. Насос Н6, клапани К9 і К10 використовуються при митті гомогенізатора. Миття лінії подачі молока проводиться через клапани К7, К8 і К3.

Основні режими роботи установки: "стерилізація установки", "стерилізація продукту", "проміжне миття" і "миття".

При роботі в режимі "стерилізація установки" вода через клапани К1, К2 і К7 подається в бак Б1, далі насосом Н1 в гомогенізатор, нагрівається в секції стерилізації до 137 °С, проходить через секції установки, клапани К11, К12 і К13, секцію б, клапани К6, К4, К5 і повертається в бак б1. Стерилізація установки здійснюється протягом 30 хв після досягнення водою після клапана К13 заданої температури стерилізації (сигналізатор 7).

Після завершення стерилізації установки закривається надходження води в бак Б1. Вода зливається з бака до досягнення в ньому нижнього рівня (сигналізатор 11), і далі в бак подається молоко через клапани К7 і К8. Стерилізоване, охолоджене молоко через асептичні клапани К11 і К12 прямує в асептичні резервуари.

Автоматична система керування роботою установки підтримує задані технологічні параметри роботи установки в кожному з режимів — автоматичний перехід з одного стану процесу в інший на основі дискретної інформації про зміну параметрів або по тимчасовій установці.

Автоматичний контроль, реєстрація, сигналізація параметрів здійснюються за допомогою окремих приладів і блоків, встановлених по місцю або на щиті керування. Логіко-програмне керування процесом виконується контролером. На основі вхідної дискретної інформації відповідно до заданого алгоритму керування кожного з режимів процесу мікропроцесорний контролер керує перемиканням відповідних клапанів, включенням насосів і гомогенізатора.

Температура стерилізації молока, попереднього охолодження після секції г і охолодження молока автоматично регулюється електронними

мікропроцесорними ПІД-регуляторами відповідно 1, 4 і 5, клапанами K19, що управляють, K22 і K21. Регулятор має задатчик, індикацію регульованого параметра, станцію перемикання з автоматичного режиму на дистанційний. Передбачені також цифрові прилади 3, 7 з дискретним вихідним сигналом, що фіксує задані температури продукту після секції стерилізації і стерилізуючої води (після клапана K13). Сигнали цих приладів подаються в мікропроцесорний контролер для керування процесом.

Температура продукту на вході в теплообмінний апарат, після секції стерилізації і охолодження, реєструється за допомогою багатоточкового приладу 2. Передбачені місцеві прилади 6 і 8 для контролю тиску і температури продукту. По місцю є регулятор 9 для стабілізації температури води на виході секції а. Регулятор управляє клапаном K24, Для контролю поділу середовищ вода — миючий розчин передбачений блок 10 з дискретним вихідним сигналом. У баках Б1 — Б3 передбачені сигналізатори рівня 11 — 13, дискретні сигнали яких поступають також в контролер. Прилади, мікропроцесорний контролер МПК, пускова апаратура змонтовані в пристрої керування, розташованому поряд з установкою, яка забезпечує як автономне керування процесом, так і зв'язок з системою керування верхнього рівня через мікропроцесорний контролер.

Технологічний процес отримання бактеріальних концентратів характеризується тим, що середовищем для культивування мікроорганізмів є молочна сироватка з додаванням розчинів буферних солей і стимуляторів зростання.

Розрізняють два способи отримання заквасок. При періодичному способі культивування операції підготовки живильного середовища і культивування мікроорганізмів здійснюються в культиваторі з автоматичним регулюванням основних параметрів процесу — температури і рН живильного середовища. При безперервному способі культивування ці операції здійснюються в потоці, причому перша операція проводиться в охолоджувальній для стерилізації установці, а друга — в культиваторі з автоматичним керуванням.

Сушать бактеріальну суспензію в сушильній установці сублімаційного типу з автоматичним регулюванням температури.

Система керування установкою має підсистеми автоматичного регулювання температури і рН живильного середовища.

Підсистема регулювання температури складається з комплекту приладів і засобів контролю і реєстрації (термометри опору, цифровий показуючий прилад і самописний потенціометр); позиційного регулятора із задатчиками температури стерилізації і культивування; автоматичних клапанів подачі пари і води.

Підсистема регулювання рН живильного середовища включає первинний вимірювальний перетворювач з занурюваним датчиком, електронний самописний потенціометр з двопозиційним регулюючим пристроєм; автоматичний клапан, керуючий подачею лужного розчину з бака Бщ. При зниженні рН культуральної рідини унаслідок накопичення молочної кислоти, що утворюється при розмноженні мікроорганізмів, регулюючий пристрій відкриває клапан і з бака в основний культиватор поступає луг (водний розчин аміаку).

Занурювані датчики рН, застосовані в установці, повинні витримувати тривалу стерилізацію парою (не менше 2 год.) при температурі 130 °С і тиску не менше 0,3 Мпа. Контроль тиску повітря в культиваторах і баку Бщ здійснюється за допомогою манометрів.

Система управління процесом сублімаційної сушки має дві підсистеми регулювання: температури заморожування і температури сушки.

Підсистема регулювання температури заморожування складається з багатоточкового приладу контролю і реєстрації температури на полицях камери з автоматичним перемиканням і регулятора температури. Регулювання температури заморожування здійснюється шляхом зміни витрати холодоагента за допомогою автоматичного клапана.

Підсистема регулювання температури сушки складається з багатоточкового приладу контролю і реєстрації температури на полицях камери з автоматичним

перемиканням засобів регулювання температури. Температуру сушки регулюють шляхом включення і відключення електричного нагрівального елемента на лінії подачі теплоносія.

Виробництво кисломолочного сиру ведеться на лінії до складу якої входять: ємність 2 для сквашування знежиреного молока, насос для згустку 3, проміжна ємність 4, насос 5 для подачі згустку в сепаратор-відокремлювач сиру, фільтр 9, сепаратор-відокремлювач сиру 10, охолоджувач для знежиреного сиру 12, змішувач з дозаторами 14 для змішування знежиреного молока з вершками, насос для сиру 15, автомат для фасування сиру 16, мембранний насос для закваски 1, ємність для вершків 6, насос мембранний для вершків 7, охолоджувач для вершків 8, ванна для вершків 13.

Сквашене знежирене молоко подають на сепаратор-відокремлювач сиру соплового типу. Дозуючи різниці густин білка і сироватки білок відкидається до периферії сепаратора і вивантажується через сопла.

2.7 Проектування функціональної схеми технологічного процесу виробництва кисломолочного сиру

Функціональна схема технологічного процесу виробництва кисломолочного сиру приведена на рис. 2.4.

Технологічна схема виготовлення кисломолочного сиру включає комплекс операцій із приймання молока, його підготовки, сквашування, виділення сироватки, промивання та обробки сирного згустку. Система містить дві основні ємності для сквашування, сепараційно-фільтраційний блок, ванну для обробки згустку, пресувально-фасувальну лінію та низку допоміжних комунікацій для води, вершків, закваски й промивних розчинів.

1. Подача молока та допоміжних компонентів

На початку процесу у першу ємність подається знежирене молоко (позиція 8 → 10). Через окремі лінії можливе введення вершків (позиція 25) та закваски

(позиція 9 → 2). Усі інгредієнти надходять через систему труб з контрольними клапанами та витратомірами, що забезпечують точність дозування.

Також на вході передбачена лінія промивочної води, яка використовується для СІР-мийки обладнання (ліва частина схеми).

2. Перша ємність сквашування

Перша ємність (позиція 3, 4, 6) призначена для термічної та мікробіологічної підготовки молока. Молоко після змішування з вершками та закваскою рівномірно розподіляється в резервуарі за допомогою мішалки.

Установка обладнана:

- манометром (5) для контролю тиску,
- термометром (7) для контролю температури сквашування,
- нижнім зливом (10) для виведення згустку або продукту.
- Сквашення триває до формування щільного кисломолочного згустку.

3. Перекачування у другу ємність

Сквашене молоко (коагульований згусток) подається у другий резервуар (позиції 13–15). Цей резервуар є проміжною ємністю, в якій відбувається:

- стабілізація кислотності,
- початкове укрупнення згустку,
- відстоювання.

Тут також встановлені контрольно-вимірювальні прилади: термометр (15), манометр (14) і клапан для зливу (12).

4. Подача згустку на фільтрацію та сепарацію

Із другої ємності продукт подається через трубопровід (позиція 21) у фільтраційно-сепараційний вузол. Він складається з:

сирку

- механічного фільтра / ситового апарата (позиція 17–18),
- сепаратора для відділення сироватки (позиція 19, підпис «Сироватка»),
- розвантажувального конуса, який подає сирний згусток далі.

У цьому модулі відбувається основне розділення сирного зерна і плазми молока. Відведена сироватка надходить на подальшу утилізацію або переробку.

5. Подача холодної води для промивання згустку

На вході фільтраційного вузла передбачене підведення холодної води (позиції 20–22), що використовується для промивання згустку з метою:

- зменшення кислотності,
- покращення консистенції,
- стабілізації структури сирного зерна.

Датчики тиску та регулювальні клапани забезпечують контроль режиму промивки.

6. Ванна обробки згустку

Після фільтрації згусток надходить у ванну для обробки сирного зерна (позиції 21–23). У ній відбувається:

- додаткове самовідділення сироватки,
- часткове ущільнення зерна,
- можливе підігрівання або охолодження (за рецептурою),
- короткочасне відстоювання.

Внизу ванни є злив (позиція 23), через який відводяться залишки сироватки та промивної води.

7. Пресувально-формувальна секція

Далі згусток подається у формуально-пресувальну установку (позиція 24). У ній відбувається:

- механічне пресування сирного зерна,
- остаточне видалення вологи,
- формування сирної маси необхідної щільності.

Установка оснащена термометрами та манометрами (позиції 23–24), що дозволяє контролювати фізико-хімічні параметри продукту.

8. Фінальна переробка та отримання сирної маси

Заключним апаратом є модуль остаточної обробки та видачі продукції (позиція 33). Тут відбувається:

- коротка стабілізаційна витримка,
- охолодження сирної маси,
- подача на фасування.

Цей апарат приймає вже готову до пакування сирну масу, яка за схемою має назву «Дієтичний кисломолочний сир».

9. Система допоміжних потоків і охолодження

На схемі передбачені:

трубопровід холодної води (позиції 26–31) для охолодження вершків та елементів апаратури;

- теплообмінник (позиції 29–30);
- система зливів (позиції 27, 31), що забезпечує відведення надлишків води та промивних розчинів.

Ця система підтримує температурні режими на всіх стадіях процесу.

2.8 Структурна схема технологічного процесу виробництва кисломолочного сиру

Алгоритм виробництва кисломолочного сиру відображає послідовність технологічних операцій, починаючи від підготовки сировини і завершуючи пакуванням готової продукції (рис. 2.5). Кожен етап характеризується визначеними параметрами температури, кислотності та концентрації, що забезпечують формування заданих структурно-механічних властивостей сирного згустку та сирного зерна.

1. Внесення знежиреного молока

Процес розпочинається зі введення знежиреного молока в технологічну ємність. Якість початкової сировини контролюється за органолептичними показниками, кислотністю (19 °Т), чистотою та температурою. На цьому етапі формується основа для ферментації та подальшого коагулювання білків.

2. Внесення закваски

Для активізації процесів молочнокислого бродіння у молоко додається заквашувальна культура з концентрацією 2–3 %. Закваска містить мезофільні молочнокислі бактерії, які забезпечують ферментативне зниження рН і формування характерних ароматичних сполук. Внесення закваски супроводжується ретельним перемішуванням для рівномірного розподілу мікроорганізмів у всьому об'ємі.

3. Сквашування молока

Сквашування проводиться за температури 27–28 °С. У цей період відбувається інтенсивне накопичення молочної кислоти, що спричиняє зниження рН середовища та поступове згущення системи. Закінчення етапу визначається досягненням кислотності 70–75 °Т, за якої казеїнові міцели переходять у коагульований згусток.

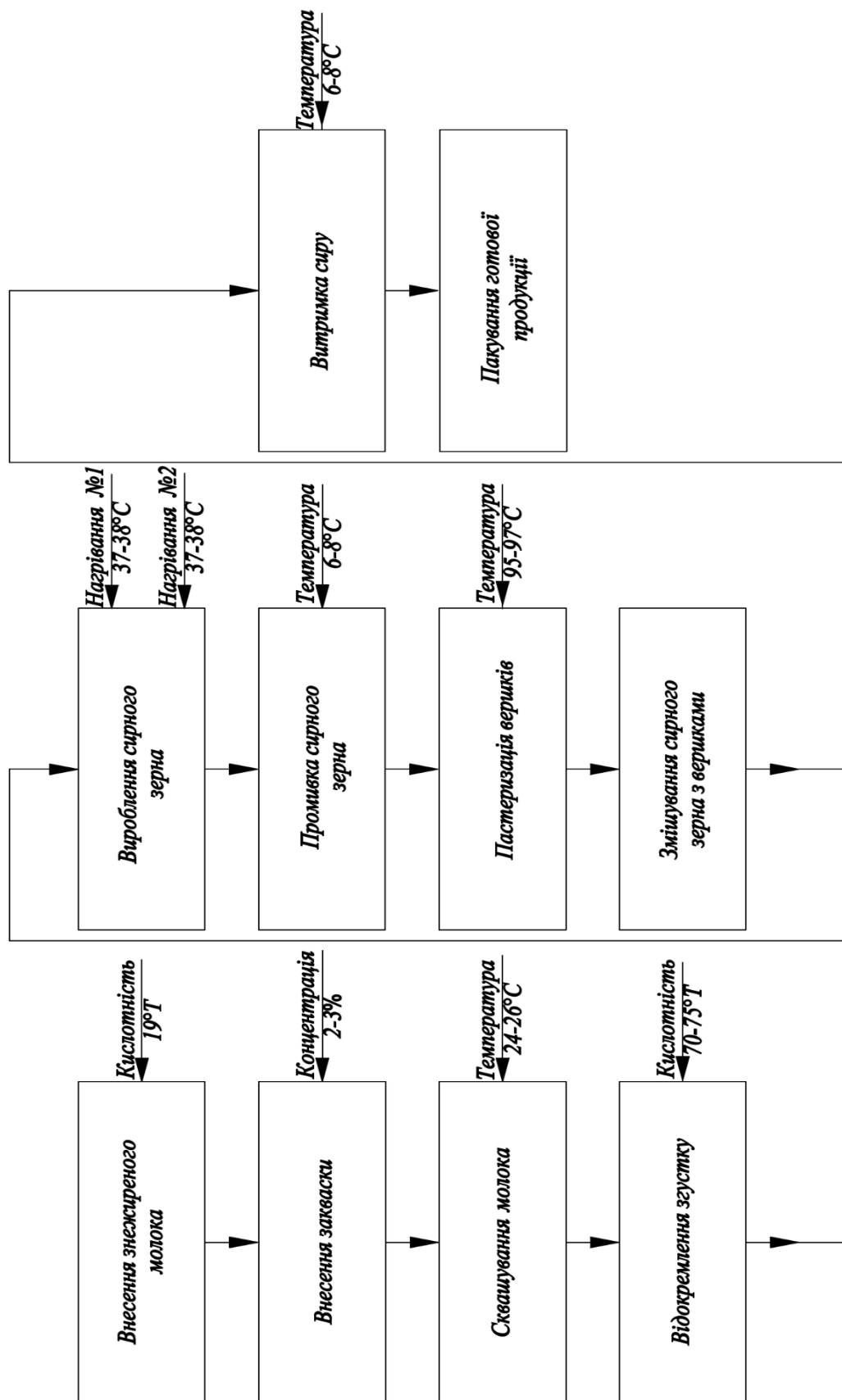


Рисунок 2.5 - Структурна схема технологічного процесу виробництва
кисломолочного сиру

4. Відокремлення згустку

Після завершення сквашування виконується відокремлення згустку від сироватки шляхом його розрізання та часткового самовідділення плазми. На цьому етапі формується структура початкового казеїнового гелю, придатного для подальшої механічної обробки.

5. Вироблення сирного зерна

Згусток подається на вироблення сирного зерна, у ході якого відбувається його подрібнення на частинки циліндричної або кубічної форми. Після різання виконується нагрівання згустку у два етапи:

Нагрівання №1: 37–38 °C,

Нагрівання №2: 37–38 °C (етап підтримання температури).

Такі температурні режими сприяють ущільненню зерна, покращенню відділення сироватки та формуванню однорідної консистенції.

6. Промивання сирного зерна

Сирне зерно промивають охолодженою водою (6–8 °C) для зменшення кислотності, видалення залишкової лактози та стабілізації текстурних характеристик. Промивання запобігає надмірному накопиченню кислоти під час подальшої витримки, що є критично важливим для отримання ніжної консистенції продукту.

7. Пастеризація вершків

Паралельно проводиться пастеризація вершків за температури 95–97 °C з метою їхнього подальшого змішування із сирним зерном у процесі виробництва дієтичних або комбінованих сирних продуктів. Теплова обробка забезпечує мікробіологічну безпеку та стабільність жирової фази.

8. Змішування сирного зерна з вершками

Охолоджені пастеризовані вершки додають до сирного зерна. У результаті утворюється пластична сирна маса з рівномірним розподілом жирової фази. Цей

етап формує смакову повноту, підвищує харчову цінність і поліпшує структурно-текстурні характеристики кінцевого продукту.

9. Витримка сиру

Суміш піддається витримці за температури 6–8 °С. Витримка сприяє стабілізації структури, завершенню ферментаційних процесів і формуванню характерного кисломолочного смаку. У цей період відбувається рівномірне дозрівання сирної маси.

10. Пакування готової продукції

На завершальному етапі продукт спрямовується на фасування у споживчу тару. Пакування відбувається за температури 6–8 °С, що запобігає мікробіологічному псуванню. Готовий продукт має однорідну консистенцію, ніжний кисломолочний смак та збалансовану текстуру.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Вибір технічних засобів автоматизації та їх характеристики

Вибір технічних засобів автоматизації (ТЗА) є одним із ключових етапів проектування систем контролю та регулювання технологічних процесів. Коректність вибору безпосередньо впливає на стабільність виробничого процесу, точність вимірювань та обчислень, надійність експлуатації обладнання, а також на економічну ефективність проекту в цілому.

Процес вибору ТЗА базується на таких принципових критеріях:

- відповідність фізико-хімічним властивостям контролюваного середовища;
- забезпечення заданої точності та швидкодії вимірювань і регулювання;
- стійкість до впливу температурних, механічних та електромагнітних збурень;
- уніфікація вихідних сигналів (переважно струмові петлі 4–20 мА);
- мінімізація затрат на технічне обслуговування;
- висока взаємозамінність і можливість інтеграції в існуючі системи керування.

Використання уніфікованого аналогового сигналу 4–20 мА є суттєвою перевагою сучасних датчиків, оскільки:

- забезпечує нечутливість до електромагнітних завад,
- дозволяє прокладати лінії значної довжини без спотворення сигналу,
- легко сумісний з ПЛК, мікроконтролерами та SCADA-системами.

Для технологічного процесу, що розглядається, було обрано засоби автоматизації загальнопромислового виконання, які повністю відповідають вимогам виробництва та забезпечують необхідний рівень метрологічної надійності. До складу таких засобів входять прилади для вимірювання температури, рівня, витрати та кислотності (рН), які відіграють ключову роль при автоматизації харчових і переробних виробництв.

3.1.1. Прилади для вимірювання рівня рідини

Для вимірювання рівня рідини були розглянуті два сенсори — Kondunivo та КСР, зовнішній вигляд яких приведено на рис. 3.1, а характеристики технічні показано в таблиці 3.1. Наведений аналіз дозволив здійснити порівняння їх метрологічних, конструктивних та експлуатаційних параметрів.

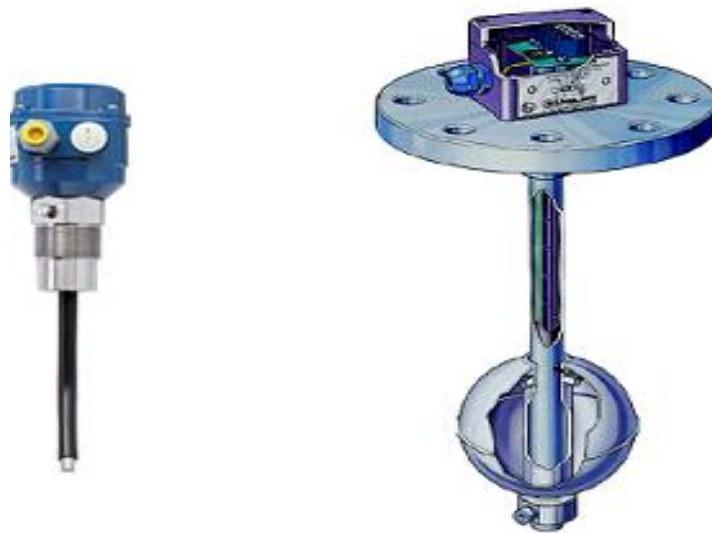


Рисунок 3.1 - Датчик рівня Kondunivo і КСР

На підставі результатів порівняння (табл. 3.1) встановлено, що більш технологічно придатним для роботи в умовах проєктованої системи є датчик Kondunivo, що пояснюється такими факторами:

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики приладів для вимірювання рівня

Характеристика	Kondunivo	KCP
Корпус	Алюмінієвий корпус Pa1. 5010 IP 66 ЕИ	Нержавіюча сталь 1,4571
Корпус	60529	V526
Повна вага	Приблизно 1,2 кг	1,8
Додаткове обладнання	Захисний корпус	Захисний корпус
Максимальне навантаження	Макс. Поперечне 500Н (на кінець стрижня)	Макс. Поперечне 400Н
Максимальний тиск в контейнері	0,8 бар	0,7 бар
Напруга живлення	240У / 230В / 115В / 42В / 24В +10% -15% 50/60 Гц	240У / 230В / 115В / 42В / 24В +10% -15% 50/60 Гц
Вид захисту	IP 66	IP 65
Індикація стану перемикача	Вбудований світлодіод	Вбудований світлодіод

- підвищена стійкість до надлишкового тиску в резервуарі,
- здатність витримувати значні боков
- і механічні навантаження,
- підвищений ступінь захисту корпусу IP66, що гарантує роботу в умовах високої вологості, пари та можливих бризок.

Сенсор функціонує на основі електропровідного методу визначення рівня рідини. Вимірювальний ланцюг подає змінний електричний сигнал між стрижнем датчика та стінкою резервуара. При досягненні рідиною контрольної позначки електропровідність змінюється, що фіксується електронним блоком і перетворюється в уніфікований вихідний сигнал (рис. 3.2).

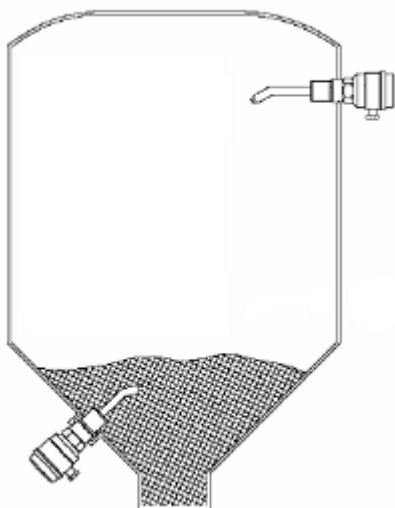


Рисунок 3.2- Схема встановлення датчика Kondunivo

Використання змінного струму усуває виникнення корозійних процесів та електролізу, що значно збільшує ресурс роботи сенсора.

У конструкції передбачено можливість налаштування затримки спрацьовування, що забезпечує:

- компенсацію впливу турбулентності та бризків,
- виключення хибних спрацьовувань,
- стабільність роботи при коливаннях рівня рідини.
- Функції контролю верхнього та нижнього рівня

Сенсор генерує сигнал «повний» при досягненні максимально допустимої позначки. Важливо, що у разі обриву кабелю або втрати живлення прилад також переходить у стан «повний», виконуючи функцію аварійного захисту від переповнення.

При відсутності рідини або зниженні рівня нижче критичної позначки датчик формує сигнал «порожньо». Аналогічно до попереднього режиму, обрив лінії або знеструмлення трактується як аварійний стан, що запобігає роботі обладнання «всуху».

3.1.2. Прилади для вимірювання витрати речовини

Для вимірювання витрати робочого середовища у процесі виробництва порівнювалися два прилади — витратомір SIMA FC 2 та ВЛР 2301. Їхні технічні характеристики наведені в таблиці 3.2, а зовнішній вигляд — на рисунку 3.3.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики витратомірів

Характеристики	SIMA FC 2	ВЛР 2301
Живлення	220В (+10%, -15%), 50 Гц	220В (+10%, -15%), 50 Гц
Витрата потужності	12ВА макс.	12ВА макс.
Робоча температура	від -5°C до +45°C	від 0°C до 150°C
Діапазон вимірювання	0,1-10 м/с	0,1-9,5 м/с
Провідність рідини, що вимірюється	$\geq 5 \text{ МuC/см}$	$\geq 5 \text{ МuC/см}$
Тиск середовища	0,6-2,5 МПа	0,6-3 МПа
Матеріал електродів	стандартна сталь 17.246, титан, платина.	стандартна сталь 17.246



Рисунок 3.3 - Індукційний витратомір SIMA FC 2 і витратомір ВЛР 2301

На основі аналізу технічних даних встановлено, що витратомір Sima FC 2 більш повно відповідає вимогам технологічного процесу, а саме:

- працює у ширшому діапазоні температур,
- має більший діапазон вимірювання витрати,
- оснащений сучасним цифровим перетворювачем із розширеним функціоналом.

Індукційний витратомір SIMA FC 2 призначений для вимірювання витрати електропровідних рідин. Конструктивно прилад складається з вимірювального перетворювача та сенсорної частини.

Основні переваги приладу:

- Висока метрологічна точність
- Забезпечується стабільністю магнітного поля та нечутливістю до механічних домішок у потоці.
- Подвійний напрямок вимірювання
- Можливість обліку витрати як у прямому, так і в оберненому напрямку.
- Інтелектуальна система очищення електродів
- Дозволяє уникати накопичення нальоту та підтримувати точність вимірювання протягом усього терміну експлуатації.

Прилад може виступати автономним дозатором рідин із можливістю зовнішнього та внутрішнього запуску.

Пам'ять на 1000 записів зберігає миттєві значення витрати, об'єм, часові мітки, а також статистичні дані (мінімальні, максимальні, середні значення).

Уся сервісна інформація, включаючи калібрувальні коефіцієнти та налаштування, зберігається у пам'яті EEPROM, що гарантує збереження даних при збоях живлення.

Перетворювач витратоміра має:

- гальванічно розв'язані входи/виходи,
- джерело живлення 24 В,
- інтерфейс RS-232 для зв'язку з ПК та ПЛК,
- опціональний інтерфейс RS-485 для роботи в мережевих системах,

ASCII-протокол, що забезпечує сумісність із промисловими контролерами (зокрема Advantech).

Прилад є відкритою системою і може бути інтегрований у вимірювально-керувальні комплекси будь-якого рівня складності.

3.1.3. Прилади для вимірювання температури

Для забезпечення точного контролю температури технологічного середовища проведено порівняльний аналіз термопар TR 47 та ТПК (ХА) (рисунок 3.4), а також оцінено їх технічні характеристики (таблиця 3.3).



Рисунок 3.4 - Термоелектричний перетворювач TR 47 і ТПК (ХА)

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики приладів для вимірювання температури

Характеристика	TR 47	ТПК (ХА)
Діапазон робочих температур	-50 .. +650	-40...+400°C
Клас точності	1	2
Допустимий тиск	до 12 МПа	10 МПа
Швидкість протікання рідини	до 5 м/с	до 5 м/с
Вихідний сигнал	від 4 до 20 мА	від 4 до 20 мА
Часова реакція	10 с	10 с

Враховуючи специфіку харчової промисловості та необхідність мінімізації похибки вимірювання, оптимальним рішенням є застосування термопари TR 47 фірми „Endress+Hauser”.

Термопара TR 47 призначена для використання в харчовій та фармацевтичній галузях і відповідає всім технічним та метрологічним вимогам даного виробничого процесу. Основними критеріями вибору є:

- відповідність стандартам безпеки харчового виробництва;
- високий рівень точності та стабільності сигналу;
- доступність для комерційної закупівлі за економічно обґрунтованою ціною.

Переваги та технічні особливості TR 47:

- Висока механічна стійкість та надійність при експлуатації в умовах виробництва;
- Універсальність застосування в різних технологічних процесах;
- Можливість прямого підключення до перетворювача сигналу без використання додаткових джерел живлення.

3.1.4. Прилади для вимірювання рН

Сучасні рН-метри призначені для визначення активності іонів водню (рН) та окислювально-відновного потенціалу (Еh) у рідинах харчового та виробничого призначення, включаючи сировину, воду та технологічні розчини. Для порівняння розглянуто прилади рН-101 та рН-301 (рисунок 3.5) з технічними характеристиками, що наведені у таблиці 3.4.



Рисунок 3.5 - рН-метр рН-101 і рН-301

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики приладів для вимірювання рН

Характеристика	рН-101	рН-301
Діапазон вимірювання рН	від 0 до 14	від 0 до 14
Дискретність вимірювання рН	0,01	0,01
Діапазон вимірювання ЕДС, мВ	±0,4	±0,4
Живлення	220 В, 50 Гц	220 В, 50 Гц
Маса, грам	500	420
Габарити, мм	144x72x171	160x102x40

На основі порівняльного аналізу встановлено, що обидва прилади мають близькі метрологічні характеристики, проте оптимальним вибором є рН-метр рН-101 завдяки нижчій вартості при збереженні високої точності та надійності.

Особливості та технічні переваги рН-101:

1. Можливість використання як у стаціонарних лабораторіях, так і в харчовій промисловості (м'ясо-молочна, хлібопекарська галузі);
2. Застосування сучасних технологій дозволяє значно знизити вартість виробу, покращити метрологічні та експлуатаційні характеристики;
3. Конструктивна схема включає блок керування (БК) та блок вхідних сигналів, що з'єднуються цифровим інтерфейсом і можуть розташовуватись на відстані до 300 м без втрати якості сигналу.

3.1.5. Прилади для вимірювання тиску

Для контролю тиску технологічного середовища порівняно два датчики: JUMO dTRANS p02 та DMP 331 (рисунок 3.6) з технічними характеристиками, що наведені у таблиці 3.5.

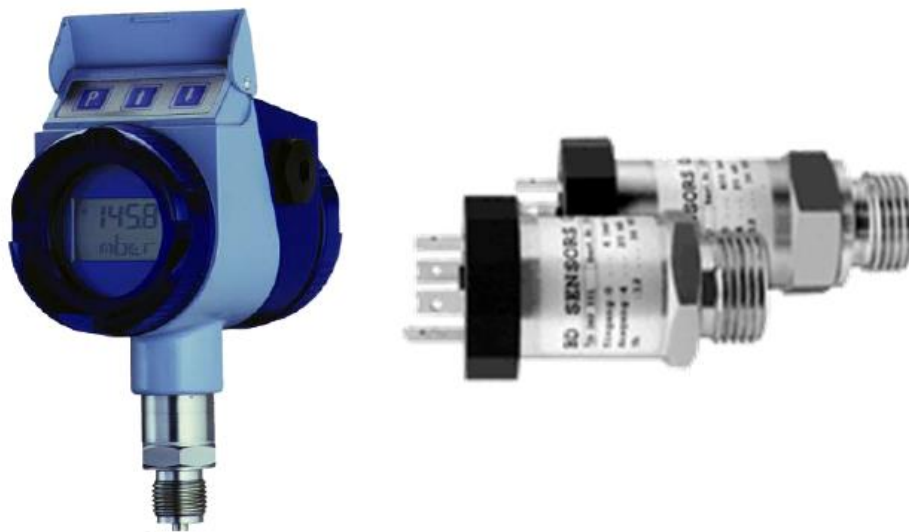


Рисунок 3.6 - Датчик тиску JUMO dTRANS p02 і DMP 331

Таблиця 3.5 – Технічні характеристики датчиків тиску

Характеристика	JUMO dTRANS p02	DMP 331
Додаткове відображення	індикація температури датчика, індикація максимального і мінімального тиску	
Межі перевантаження	- 1 бар і 4-кратна верхня межа, або -1 бар і 2-кратна верхня межа при діапазонах вимірювання >100 бар	від 0..60 мБар до 0...25 Бар
Тиск розриву	10 - кратна верхня межа; макс. 2000 бар	
Вихідний сигнал	4...20 мА навантаження < $(U_B - 10_V) / 0,022 \text{ A}$	4..20 мА / 2-х <u>пров.</u> ;
Живлення	DC 11.5...36 В DC 11.5...36 В (при іскро-безпечному виконанні)	220 В, 50 Гц
Точність		0,5% / 0,25% у всьому діапазоні
Допустима температура вимірюваного середовища	-40...+120°C для стандартного виконання.	-40...+100°C для стандартного виконання.
Опір ізоляції	100 мОм; DC 50 V	100 мОм; DC 50 V
Клас захисту	IP 68	IP 65

Аналіз даних показує, що оптимальним вибором для даного процесу є JUMO dTRANS p02, оскільки він має:

- високий клас захисту IP68,
- можливість вибухозахищеного виконання,

- придатність для агресивних середовищ.

Датчик JUMO dTRANS p02 забезпечує вимірювання абсолютного та відносного тиску газів, парів і рідин. Вихідний сигнал постійного струму прямо пропорційний прикладеному тиску. Датчик реалізує п'єзорезистивний або тонкоплівковий принцип вимірювання, що гарантує високу точність та стабільність.

Комплектація та функціональні можливості:

1. Програмне забезпечення SETUP відповідає стандарту VDI/VDE 2187 та забезпечує налаштування всіх параметрів через ПК;
2. HART-модем дозволяє інтегрувати датчик з комп'ютером через послідовний інтерфейс;
3. Мембранні розділювачі дозволяють відбирати тиск у складних середовищах, де пряме підключення неможливе;
4. Живлячий розподілювач забезпечує роботу вибухозахищених модифікацій датчика.

3.2 Обґрунтування вибору контролера

Мікроконтролер ADAM-5511 є IBM PC-сумісним пристроєм для побудови автономних систем збору даних та керування технологічними процесами. Пристрій дозволяє виконувати програми, написані як на мовах високого рівня, так і на асемблері, завдяки сумісності апаратно-програмної платформи з IBM PC.

3.2.1 Архітектура та конструкція

Конструктивно ADAM-5511 складається з двох основних елементів:

1. Базового блоку, що включає:
 - процесорний модуль на базі Intel 80188;

- перетворювач напруги;
- 4-слотову пасивну об'єднуючу панель для підключення модулів вводу-виводу;
- два послідовних комунікаційних порти (COM1 та COM2);
- порт програмування.

2. Модулів вводу-виводу серії ADAM-5000, що можуть підключатися до базового блоку. Один мікроконтролер може включати до 4 модулів вводу-виводу, забезпечуючи загальну кількість каналів до 64.

Базовий блок забезпечує виконання прикладних програм та взаємодію з периферійними пристроями через послідовні інтерфейси RS-232 (COM1) та RS-485 (COM2).

3.2.2 Пам'ять та програмне забезпечення

Мікроконтролер ADAM-5511 оснащений:

- Флеш-ПЗУ об'ємом 170 кБ для збереження прикладних програм;
- Статичним ОЗУ об'ємом 192 кБ для виконання програм та пересилання файлів;
- Вбудованою операційною системою ROM-DOS, сумісною з MS-DOS, що забезпечує виконання стандартного IBM PC програмного забезпечення.

Таке поєднання пам'яті та програмного забезпечення дозволяє використовувати ADAM-5511 як платформу для промислових систем збору даних, керування технологічними процесами та обробки сигналів від різних сенсорів.

Таблиця 3.6 — Технічні характеристики мікроконтролера ADAM-5511

Параметр	Значення
Процесор	Intel 80188
Операційна система	ROM-DOS (MS-DOS сумісна)
Флеш-ПЗУ	170 кБ
ОЗУ	192 кБ
Кількість модулів вводу-виводу	1–4
Кількість каналів	до 64
Порти комунікації	COM1 RS-232, COM2 RS-485
Гальванічна ізоляція	3000 В DC (живлення/модулі), 2500 В DC (порти)
Сторожовий таймер	Так

3.2.3 Математична модель роботи

Функціональна поведінка мікроконтролера та підключених модулів вводу-виводу може бути формалізована як дискретна система збору та обробки даних. Для каналу вводу-виводу можна записати:

$$y_k = f(u_k, x_k) + \epsilon_k$$

де:

- y_k — вихідний сигнал каналу на кроці k ,
- u_k — вхідний сигнал від датчика або виконавчого механізму,
- x_k — стан внутрішньої пам'яті та регістрів процесора,
- ϵ_k — похибка вимірювання або обробки.

Для каналу послідовного зв'язку RS-485/RS-232 математично можна записати:

$$I(t) = K_c \cdot (V_{TX}(t) - V_{RX}(t)) + n(t)$$

де $I(t)$ — струм даних, V_{TX} , V_{RX} — напруги на передавачі та приймачі, K_c — коефіцієнт чутливості, $n(t)$ — шум, що включає електромагнітні перешкоди.

3.2.4 Гальванічна ізоляція та надійність

ADAM-5511 забезпечує трирівневу гальванічну ізоляцію:

Елемент	Напруга ізоляції, В постійного струму
Живлення та модулі вводу-виводу	3000
Послідовні порти	2500

Ця конфігурація дозволяє:

- Зменшити вплив електромагнітних перешкод;
- Запобігти небажаному гальванічному зв'язку з об'єктом контролю;
- Захистити мікроконтролер від перенапруг та імпульсних коливань при комутації силового обладнання.

Наявність сторожового таймера гарантує автоматичне скидання процесора у випадку непередбаченого збою, підвищуючи надійність роботи системи.

3.2.5 Аналіз точності та похибок

Основні джерела похибок:

- Шум на послідовних інтерфейсах $n(t)$;
- Температурні коливання, що впливають на коефіцієнт перетворення K_c ;
- Цифрове округлення та затримки обробки в ОЗУ.

Загальна похибка каналу вимірювання може бути оцінена як:

$$\Delta y = \sqrt{\Delta_{\text{sensor}}^2 + \Delta_{\text{ADC}}^2 + \Delta_{\text{comm}}^2}$$

де Δ_{sensor} — похибка сенсора,

Δ_{ADC} — похибка аналого-цифрового перетворювача,

Δ_{comm} — похибка комунікаційного каналу.

Відповідно до стандартів надійності:

$$P_{fail} = 1 - e^{-\lambda t}$$

де λ — інтенсивність відмов мікроконтролера, t — час експлуатації. Завдяки трирівневій ізоляції та сторожовому таймеру P_{fail} значно зменшується, що забезпечує безперервність роботи системи.

3.2.6 Критерії вибору та обґрунтування

Основні критерії вибору ADAM-5511 для промислових систем:

Критерій	Важливість	Пояснення
Сумісність з IBM PC	Висока	Виконання стандартних програм та прикладних ПЗ
Кількість каналів вводу-виводу	Висока	До 64 каналів дозволяє інтегрувати численні датчики
Гальванічна ізоляція	Висока	Захист від перешкод та <u>перенапруг</u>
Пам'ять (Flash + RAM)	Середня	Для виконання прикладних програм та збереження даних
Порти RS-232 / RS-485	Висока	Гнучка комунікація з різними пристроями
Надійність та сторожовий таймер	Висока	Забезпечення безперервної роботи системи

Таким чином, ADAM-5511 є оптимальним рішенням для промислових систем збору даних і керування, оскільки поєднує гнучкі комунікаційні можливості, високий рівень надійності та сумісність із широким спектром датчиків і виконавчих пристроїв.

3.3 Опис схеми зовнішніх підключень мікроконтролера ADAM-5511

На представленій схемі (рис. 3.7) зображено типову конфігурацію зовнішніх підключень мікроконтролера ADAM-5511, призначеного для реалізації автономних систем збору даних і керування у промислових автоматизованих процесах. Мікроконтролер взаємодіє з периферійними модулями вводу-виводу серії ADAM-5000, які забезпечують розширення каналів вимірювання і керування.

Для живлення системи використовується стабілізоване джерело постійного струму (БЖ), що перетворює напругу мережі 220 В змінного струму у напругу 24 В постійного струму. Лінії живлення позначені як V_s (24 В) та GND (земля).

Ці лінії безпосередньо підключені до мікроконтролера ADAM-5511 та відповідних модулів вводу-виводу, забезпечуючи електроживлення для їх функціонування.

Мікроконтролер є центральним керуючим елементом системи, який виконує збір інформації, її обробку та прийняття рішень щодо керування виконавчими пристроями.

Основні елементи мікроконтролера на схемі:

- Процесорний модуль з мікропроцесором 80188, сумісним із архітектурою IBM PC.
- Інтерфейси зв'язку: два послідовних порти — COM1 (інтерфейс RS-232) та COM2 (інтерфейс RS-485).
- Живлення: входи V_s та GND для підключення живлення 24 В.

- **Інтерфейси для модулів вводу-виводу:** роз'єми для підключення модулів серії ADAM-5000.

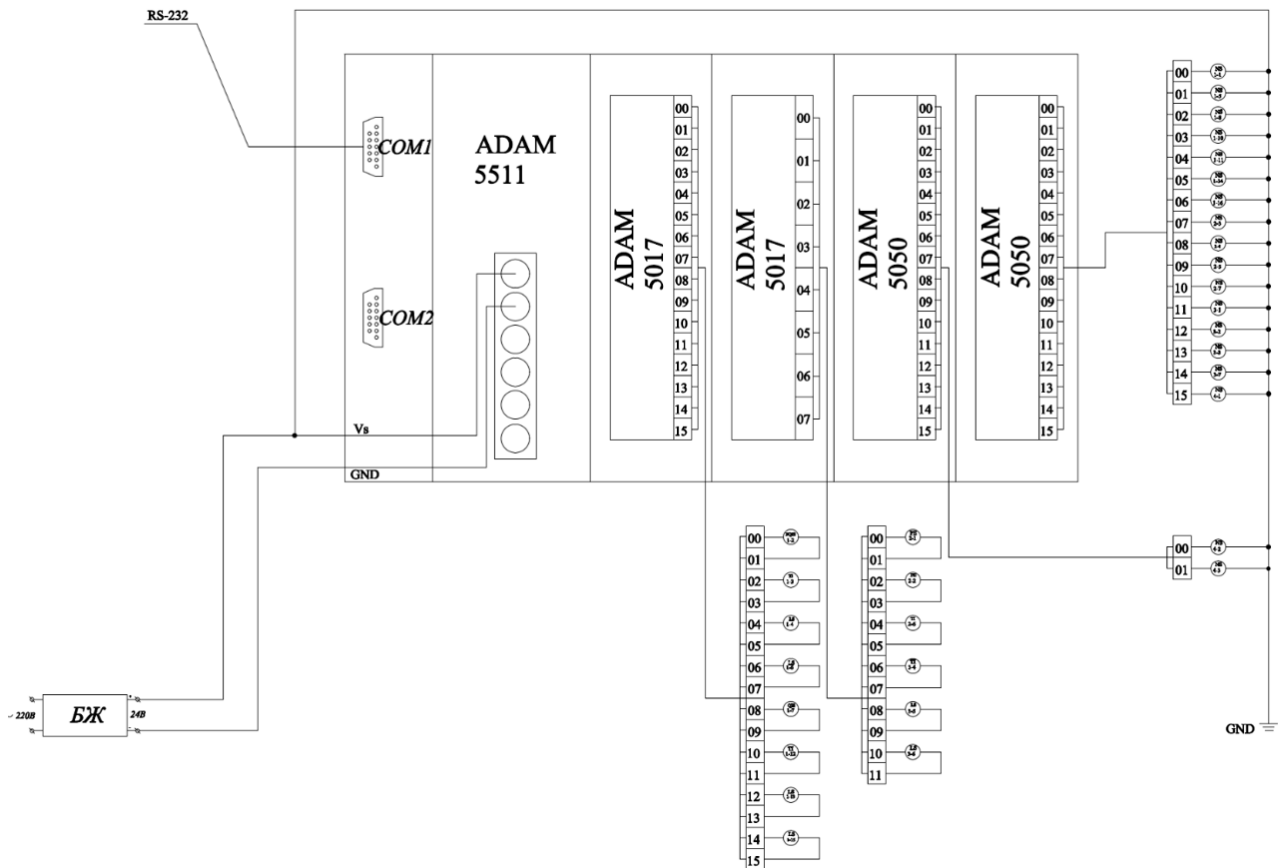


Рисунок 3.7 – Схема зовнішніх під'єднань мікроконтролера

Порти COM1 і COM2 призначені для організації послідовного зв'язку з зовнішніми пристроями. COM1 реалізує протокол RS-232, що найчастіше використовується для підключення до персональних комп'ютерів і локальних терміналів. COM2 підтримує протокол RS-485, який забезпечує можливість побудови мережі приладів на значні відстані, що важливо для розподілених систем керування.

Для забезпечення розширених функцій збору даних та керування до мікроконтролера підключено чотири модулі:

- Два модулі ADAM 5017 (рис. 3.8) — призначені для прийому аналогових сигналів від вимірювальних датчиків. Кожен модуль має по 16 каналів, які ідентифікуються адресами 00–15 та 00–07 відповідно.



Рисунок 3.8 - Вигляд модуля ADAM-5017

Таблиця 3.8 – Технічні характеристики модуля ADAM-5017

Кількість і тип аналогових каналів	8 диференціальних
Тип вхідного сигналу / діапазон вхідного сигналу	Напруга (мВ, В), струм (мА) ± 150 мВ ± 500 мВ ± 1 В $\pm 2,5$ В ± 10 В ± 20 мА
Напруга ізоляції	3000 В постійного струму
Частота вибірки	10 відліків в секунду (сумарно)
Рівень обмеження вхідного сигналу	± 15 В
Максимально допустима різниця значень напруги на двох будь-яких входах	± 15 В
Вхідний опір	2МОм
Смуга пропускання	13,1Гц
Основна похибка вимірювання	Не більше $\pm 0,1\%$
Температурний коефіцієнт зсуву нуля	$+1,5$ мкВ/°С
Коефіцієнт ослаблення перешкоди загального вигляду на частоті 50/60 Гц	Не менше 92 дБ
Споживана потужність	1,2 Вт

- Два модулі ADAM 5050 (рис. 3.9) — виконують функцію дискретних виходів, що дозволяє керувати зовнішніми виконавчими пристроями (наприклад, індикаторами стану, клапанами, реле). Канали виходів також мають цифрові позначення (00–15), що відповідає конкретним вихідним лініям.



Рисунок 3.9 - Вигляд модуля ADAM-5050

Таблиця 3.9 – Технічні характеристики модуля ADAM-5050

Кількість каналів введення-виведення	16
Визначення	Порозрядне з допомогою DIP-перемикача
Дискретний ввід	Рівень логічного "0": не більше 2 В Рівень логічної "1": від 4 до 30 В
Дискретний вивід	Тип - "відкритий колектор" комутована напруга до 30 В, струм навантаження до 100 мА при потужності 450 мВт
Споживана потужність	0,4 Вт

Всі модулі з'єднані із центральним процесором через пасивну шину, яка забезпечує обмін даними та адресацію. Сигнали живлення від блоку живлення розподіляються на всі модулі для забезпечення їхньої роботи.

На вихідних каналах модулів ADAM 5050 підключені зовнішні пристрої, які реалізують безпосереднє виконання керуючих команд: світлодіодні індикатори, електромагнітні клапани, реле або інші елементи автоматизації.

Кожен канал виходу відповідає за окремий виконавчий пристрій, що дозволяє гнучко конфігурувати систему і забезпечувати індивідуальний контроль над кожним елементом технологічного процесу.

Загальна шина заземлення (GND) є єдиним потенціалом «землі» для усієї системи. Це забезпечує узгодженість потенціалів і мінімізує вплив шумів та електромагнітних перешкод на роботу системи.

Також, на рівні апаратури, мікроконтролер ADAM-5511 та модулі вводу-виводу мають багаторівневу гальванічну ізоляцію (3000 В для живлення і модулів, 2500 В для портів зв'язку), що підвищує надійність та стабільність роботи в умовах індустриальних електромагнітних перешкод.

Особливості роботи послідовних інтерфейсів:

- COM1 (RS-232): забезпечує зв'язок з персональним комп'ютером або локальними терміналами на відстані до 15 м. Використовується для конфігурації системи, збору даних та моніторингу в реальному часі.
- COM2 (RS-485): дозволяє будувати мережеві системи з кількома пристроями на значній відстані (до 1200 м). Підтримує багатоточковий режим роботи, що критично для масштабованих систем керування.

Таким чином, представлена схема підключень демонструє універсальність та модульність мікроконтролера ADAM-5511, що дозволяє формувати комплексні системи збору даних і керування у промислових застосуваннях. Завдяки наявності стандартних інтерфейсів, розширюваних модулів вводу-виводу, а також надійного живлення та ізоляції, система є стійкою до зовнішніх перешкод і готовою для впровадження в автоматизовані технологічні процеси.

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунок передатної функції

Здійснимо детальний аналіз системи автоматичного регулювання (САР) на прикладі температурного контуру керування технологічним процесом підігріву молока в ізотермічному резервуарі. Однією з ключових вимог до забезпечення стабільності технологічного режиму є утримання температури молока в чітко визначених межах 71–72 °С, що гарантує якість кінцевого продукту та відповідність санітарно-технологічним нормам.

Резервуар у даному контексті розглядається як об'єкт керування з властивими йому інерційними та теплотехнічними характеристиками. Температурна динаміка молока визначається, передусім, величиною витрати гарячої води — теплоносія, який подається через магістраль із певними гідравлічними параметрами. Таким чином, система формує замкнений контур регулювання, у якому задана температура $t_{зад}$ надходить на вхід регулятора, а виміряна фактична температура $t_{рез}$ утворює зворотний зв'язок. Різниця між цими величинами визначає сигнал розузгодження Δt , який є критеріальною основою формування керуючого впливу.

Регулятор, обробляючи сигнал розузгодження відповідно до власної передаточної функції $W_P(p)$, генерує керуючий сигнал U_z . Останній подається на виконавчий орган — регулювальний клапан подачі гарячої води, динамічні властивості якого описуються передаточною функцією $W_K(p)$. Унаслідок зміни керуючого сигналу відбувається відповідна модифікація прохідного перерізу клапана, що, при сталій величині тиску в напірній магістралі, призводить до формування конкретного значення витрати гарячої води. Ця витрата безпосередньо впливає на тепловий баланс резервуара, передаточні властивості якого задаються функцією $W_{рез}(p)$, визначаючи швидкість і характер зміни вихідної температури продукту.

Таким чином, система реалізує механізм компенсації зовнішніх та внутрішніх збурень, зокрема коливань тиску теплоносія або теплових втрат, що виникають під час експлуатації обладнання. Наявність зворотного зв'язку забезпечує часткове або повне нівелювання цих збурень, підвищуючи точність і надійність регулювання температури молока. На підставі зазначених принципів функціонування складається структурна схема аналізованої САР (рисунок 4.1), що відображає взаємозв'язки між усіма її елементами.

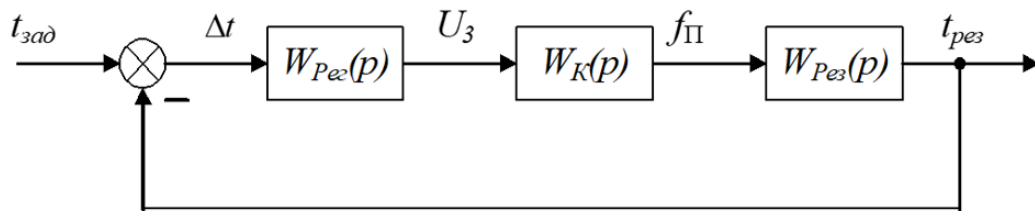


Рисунок 4.1 - Структурна схема системи автоматичного регулювання $t^{\circ}\text{C}$ в резервуарі

Позначення, використані в структурній схемі, мають такі значення:

$t_{зад}$ — задана (цільова) температура молока;

Δt — сигнал розузгодження між заданим і фактичним значеннями;

U_3 — керуючий електричний сигнал, що формується регулятором;

$f_{П}$ — витрата гарячої води, що подається в теплообмінний контур резервуара;

$t_{рез}$ — фактично виміряна температура молока в резервуарі;

$W_{Рез}(p)$ — передаточна функція регулятора, яка визначає алгоритм керуючих дій;

$W_K(p)$ — передаточна функція виконавчого клапана;

$W_{Рез}(p)$ — передаточна функція резервуара як об'єкта керування.

Подальший аналіз передбачає виведення загальної передаточної функції САР. Для цього спершу сформуємо рівняння розімкненої системи, що відображає добуток передаточних функцій її послідовно з'єднаних елементів, після чого визначимо передаточну функцію замкненої системи з урахуванням дії зворотного зв'язку. Ці вирази дозволять оцінити стійкість, точність та динамічні

властивості системи за стандартними показниками теорії автоматичного керування.

Рівняння розімкнутої системи:

$$W_p(p) = W_{Pec}(p) \cdot W_K(p) \cdot W_{Pez}(p)$$

Рівняння замкнутої системи:

$$W_s(p) = \frac{W_{Pec}(p) \cdot W_K(p) \cdot W_{Pez}(p)}{1 + W_{Pec}(p) \cdot W_K(p) \cdot W_{Pez}(p)}$$

У таблиці 4.1 приведено Дані для розрахунку автоматичної системи регулювання

Назва параметру	Позначення параметру	Значення параметру
Пропорційний регулятор		
Коефіцієнт перетворення розузгодження $t^{\circ}\text{C}$ в сигнал керування	K_p	0,85 В/ $^{\circ}\text{C}$.
Регулюючий клапан		
Коефіцієнт залежності площі поперечного перерізу витратного каналу від сигналу керування	K_s	$3,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{В}$
Стала часу реакції площі поперечного перерізу витратної магістралі на зміну сигналу керування	T_s	0,035 с
Коефіцієнт залежності потоку гарячої води від площі поперечного перерізу витратної магістралі	K_f	45 м/с
Стала часу реакції води на зміну площі поперечного перерізу витратного каналу	T_f	0,05 с
Резервуар		
Стала часу реакції $t^{\circ}\text{C}$ в резервуарі на зміну потоку гарячої води	T_T	0,3 с
Коефіцієнт залежності $t^{\circ}\text{C}$ від потоку води	K_T	$3,25 \cdot 10^2 (^{\circ}\text{C} \cdot \text{с}/\text{м}^3)$

4.2. Дослідження стійкості системи

Стійкість системи проаналізуємо із застосуванням двох методів: критерію Гурвіца та методу D-розбиття.

Для оцінювання стійкості за критерієм Гурвіца знаменник передаточної функції замкненої системи прирівнюємо до нуля та формуємо характеристичне рівняння:

$$(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_3 p + 1) + k_0 = 0$$

або

$$5.25 \cdot 10^{-4} p^3 + 2.73 \cdot 10^{-2} p^2 + 0.385 p + 5 = 0$$

Оскільки початкова умова критерія Гурвіца задовольняється, тобто всі коефіцієнти при степенях p є додатними, можемо побудувати визначник Гурвіца.

$$\begin{pmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.027 & 5 & 0 \\ 5.25 \times 10^{-4} & 0.385 & 0 \\ 0 & 0.027 & 5 \end{pmatrix}$$

Для системи третього порядку необхідною та достатньою умовою стійкості є додатність визначника другого порядку $\Delta_2 > 0$. У разі виконання цієї умови автоматично виконуються й інші умови Гурвіца: $\Delta_1 > 0$ та $\Delta_3 > 0$.

Оскільки $\Delta_2 > 0$, робимо висновок, що система є стійкою.

Для аналізу стійкості методом D-розбиття також прирівнюємо до нуля знаменник передаточної функції замкненої системи та записуємо характеристичне рівняння відносно параметра k :

$$T_1 T_2 T_3 p^3 + (T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3) p^2 + (T_1 + T_2 + T_3) p + 1 + k = 0$$

або

$$k = -(5.25 \cdot 10^{-4} p^3 + 2.73 \cdot 10^{-2} p^2 + 0.385 p)$$

Підставивши $p = j\omega$, одержуємо:

$$k = 5.25 \cdot 10^{-4} \cdot j \cdot \omega^3 + 0.0273 \cdot \omega^2 - 0.385 \cdot j \cdot \omega = A(\omega) + jB(\omega)$$

де $A(\omega)$ та $B(\omega)$ — відповідно дійсна та уявна частини рівняння.

Для побудови кривої D-розбиття задаємо діапазон частот ω від -100 до 100 . Практично це зводиться до визначення характерних точок, у яких крива перетинає дійсну або уявну осі комплексної площини. З формули для $B(\omega)$ випливає, що дійсні корені відсутні, отже перетини з вертикальною віссю не виникають. З виразу $A(\omega)$ визначаємо значення ω , при яких $A(\omega)=0$, що відповідає переходу кривої D-розбиття через горизонтальну вісь. Цим умовам відповідають значення $\omega=0$ та $\omega=\dots$.

Графічне зображення D-розбиття наведено на рис. 4.2.

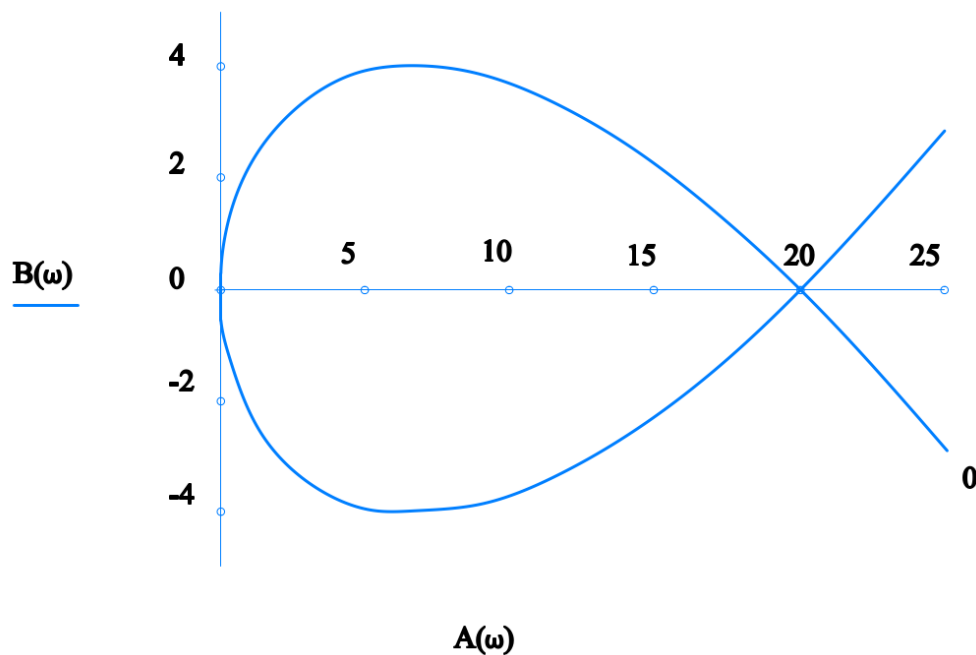


Рисунок 4.2 - Крива D-розбиття

Із аналізу діаграми, наведеної на рисунку 4.2, встановлено, що параметр D на дійсній осі може набувати значень у межах від 1 до 0 . У цьому інтервалі характеристичне рівняння не має коренів у правій півплощині, що свідчить про збереження стійкості системи. При цьому параметр k приймає значення, що

належать області параметричного простору, окресленій кривою D-розбиття, яка визначає границю між стійкими та нестійкими режимами.

Побудовані в логарифмічному масштабі амплітудно-частотна та фазо-частотна характеристики, представлені на рисунках 4.3 та 4.4, дозволяють оцінити стійкість системи. Спостерігається, що точка перетину ЛЧХ з віссю частот розташована лівіше частоти, при якій фазовий зсув досягає -180° . Це свідчить про наявність достатнього фазового запасу і підтверджує, що система перебуває у стійкому режимі.

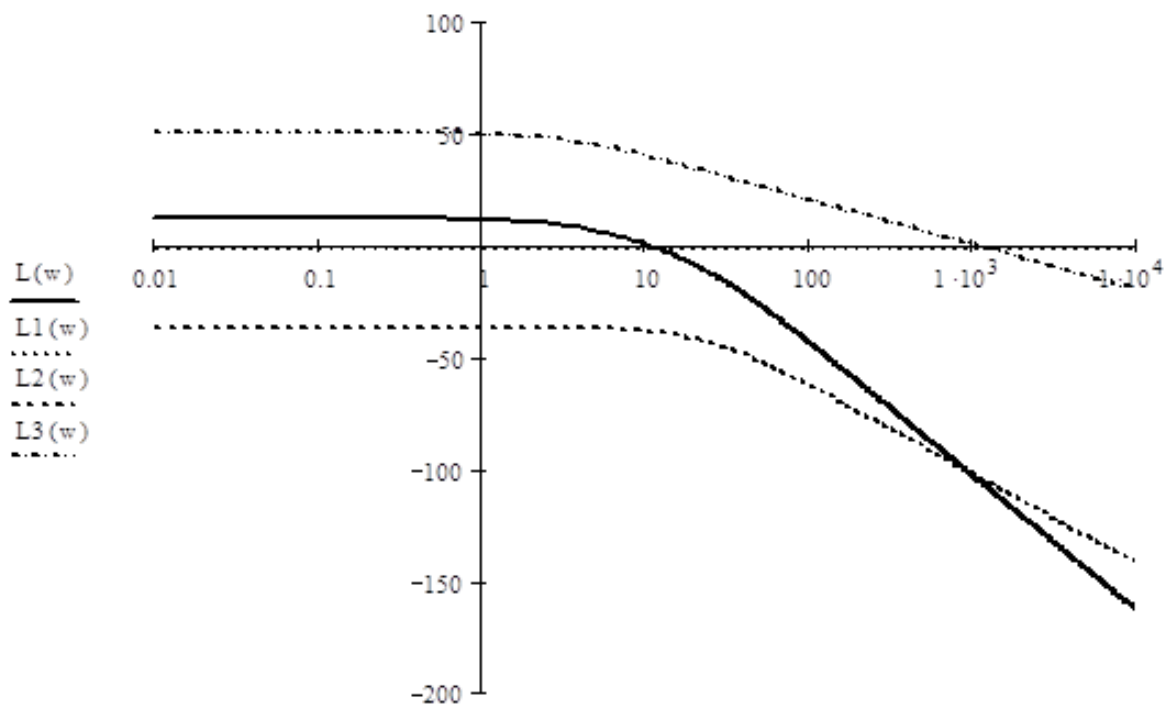


Рисунок 4.3 - Логарифмічна амплітудно-частотна характеристика

При визначенні показника якості слідкуючої системи автоматичного регулювання, запишемо передаточну функцію системи для збурення після підрахунку коефіцієнтів:

$$\begin{aligned} \frac{u_{III}(p)}{u(p)} &= \frac{T_1 T_2 T_3 p^3 + (T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3) p^2 + (T_1 + T_2 + T_3) p + 1}{T_1 T_2 T_3 p^3 + (T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3) p^2 + (T_1 + T_2 + T_3) p + 1 + k} = \\ &= \frac{5.25 \cdot 10^{-4} p^3 + 2.73 \cdot 10^{-2} p^2 + 0.385 p + 4}{5.25 \cdot 10^{-4} p^3 + 2.73 \cdot 10^{-2} p^2 + 0.385 p + 5} \end{aligned}$$

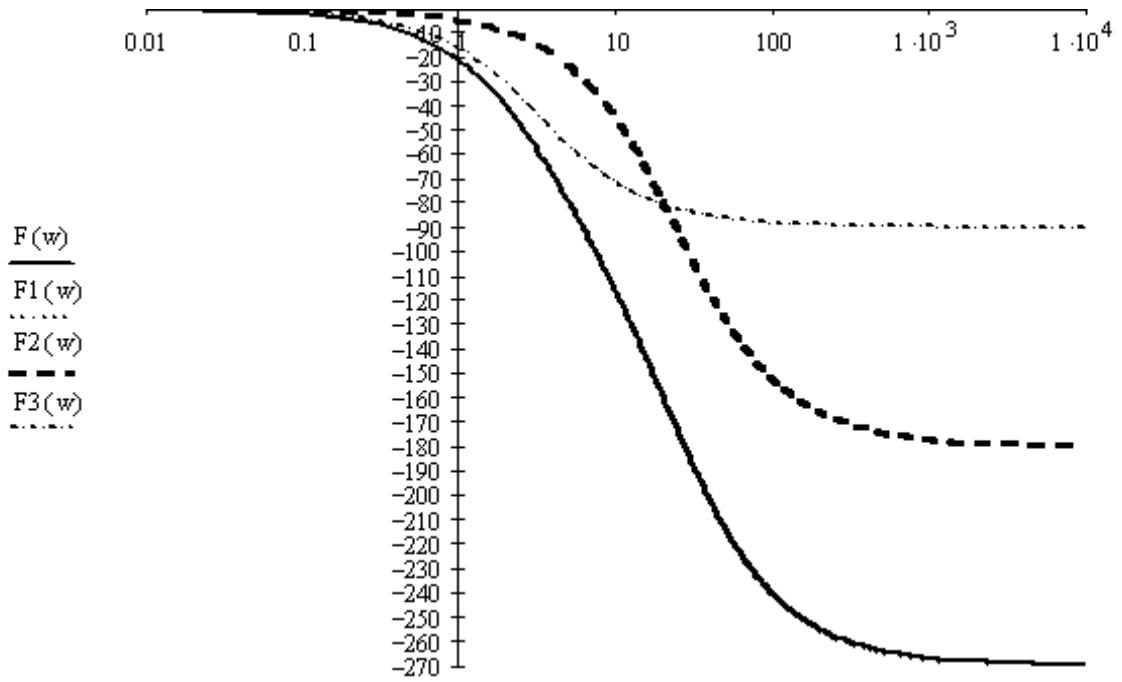


Рисунок 4.4 - Логарифмічна фазочастотна характеристика

За результатами побудуємо амплітудно-фазову частотну характеристику:



Рисунок 4.5 - Дійсна частина амплітудно-фазової частотної характеристики САК

На рис. 4.6 приведено діаграму перехідного процесу автоматизованої системи керування.

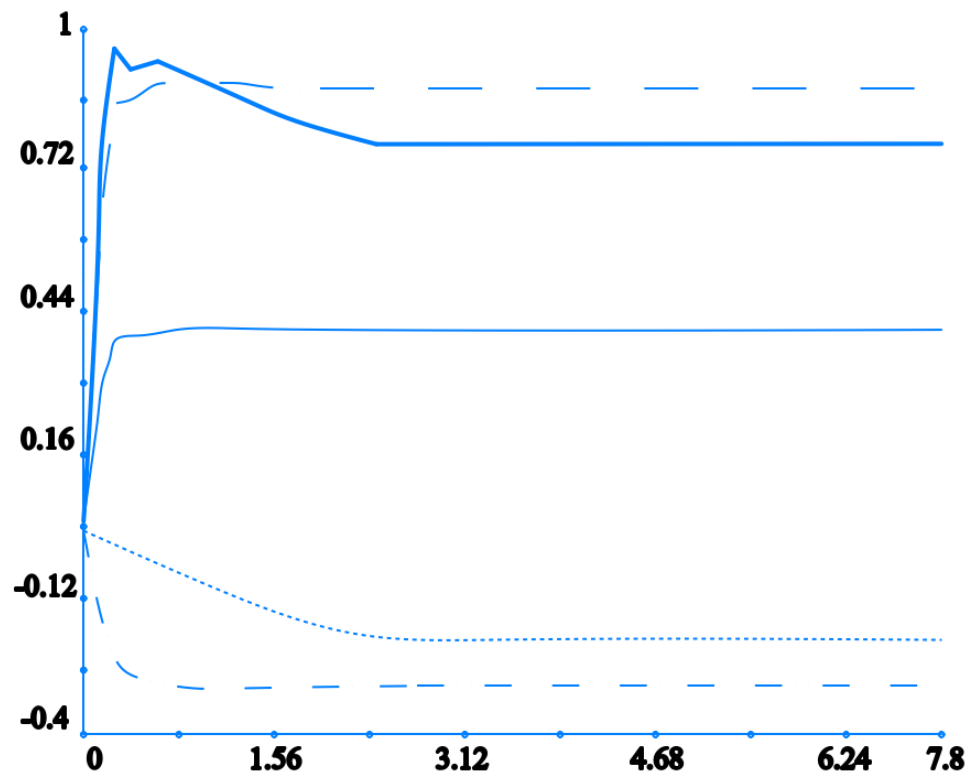


Рисунок 4.6 - Перехідний процес САК

Таким чином, з графіка видно, що система переналагоджується на нормальне функціонування за 2,5 секунди.

Визначимо перерегулювання системи:

$$\sigma = \frac{h_{\max} - h_{\text{ст}}}{h_{\text{ст}}} \cdot 100\% = 16\%$$

Виходячи з цього робимо висновок, що не потрібно використовувати регулятори для зменшення перерегулювання, оскільки це значення є меншим за 18%.

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Обґрунтування методу і розрахунок жирності молока

Для забезпечення потрібної за регламентом технологічного процесу жирності молока, необхідно визначити величину масової частки жиру в молоці, а потім регулювати його вміст добавляючи обезжирене молоко або вершки.

Процес нормалізації молока передбачає цілеспрямоване регулювання масової частки жиру або інших компонентів сировини з метою отримання продукту стабільного та стандартизованого хімічного складу. У промислових умовах нормалізація може здійснюватися кількома технологічними методами, кожен з яких характеризується специфічними принципами дозування, змішування та контролю параметрів.

1. Нормалізація в статичних умовах (у резервуарних системах).

У цьому випадку вихідне молоко надходить до технологічного резервуара, де виконуються операції його рецептурного коригування. Попередньо визначений об'єм нормалізувального компонента — вершків або знежиреного молока, залежно від цільового показника жирності — вводять шляхом дозованого добавлення. Після завершення дозування здійснюється тривале механічне перемішування за допомогою мішальних пристроїв, спрямоване на досягнення рівномірного розподілу жиророзчинної та водорозчинної фаз. Такий метод забезпечує високу точність стандартизації, проте є менш ефективним щодо продуктивності та автоматизації порівняно з потоковими системами.

2. Нормалізація в потоці (безперервне змішування).

Потоковий метод передбачає одночасну подачу двох або більше потоків молочної сировини — молока, що підлягає нормалізації, та коригувального компонента — до вузла змішування. Співвідношення потоків регулюється автоматизованими дозувальними насосами, витратомірами або електронними системами керування, що дає змогу підтримувати необхідні параметри складу у

режимі реального часу. Змішування відбувається безперервно, що значно підвищує технологічну продуктивність і забезпечує стабільність якісних характеристик кінцевого продукту в умовах великотоннажного виробництва.

3. Нормалізація із застосуванням сепаратора (сепараційно-потоківий метод).

Цей метод базується на використанні сепараційного обладнання для поділу вихідного молока на вершки та знежирену фракцію. Подальше поєднання цих фракцій у необхідному співвідношенні здійснюється безперервно в потоковому режимі. Регулювання пропорцій дозволяє отримати молоко з заданою масовою часткою жиру з високою точністю, оскільки концентрація жиру у вершках є значно вищою та більш стабільною, ніж у вихідній сировині. Надлишкова кількість вершків або знежиреного молока відводиться як побічний, але технологічно придатний продукт, який може бути використаний у подальших виробничих процесах.

Усі зазначені методи нормалізації можуть комбінуватися або доповнюватися автоматизованими системами контролю складу, що забезпечує високий рівень стандартизації кінцевого продукту відповідно до вимог чинних технологічних регламентів та державних стандартів.

Якщо потрібно, можна ще більше ускладнити стиль, додати термінологію харчових технологій або розширити опис технологічного обладнання.

Задачею системи управління процесом нормалізації є забезпечення заданої масової частки жиру в нормалізованому молоці. Це може бути досягнуто шляхом застосування систем керування, що працюють на основі одного з принципів регулювання: "по збуренню" або "по відхиленню параметра".

При використанні першого принципу на основі інформації про масову частку жиру в початковому молоці і нормалізуючому продукті автоматично стабілізують: співвідношення витрат нормалізуючого продукту і нормалізованого або нормалізуючого молока (при нормалізації в потоці) або співвідношення витрат надмірних і отримуваних вершків (при нормалізації з

застосуванням сепараторів). При цьому досягається задане значення масової частки жиру в нормалізованому молоці.

При використанні другого принципу автоматично вимірюється масова частка жиру в нормалізованому молоці, порівнюється із заданим значенням і за наявності відхилення за допомогою керівних дій, наприклад шляхом зміни витрати нормалізуючого продукту, підтримується задане значення регульованого параметра.

Застосовуються також і комбіновані системи, де використовують як перший, так і другий принципи управління.

У системах з регулюванням співвідношення витрат корекцію співвідношень залежно від зміни масової частки жиру в нормалізованому молоці і нормалізуючому продукті зазвичай вводять в автоматичному режимі. Останніми роками найширше використовуються системи керування по "відхиленню параметра". При цьому для вимірювання масової частки жиру в нормалізованому молоці використовують як інструментальні методи контролю так і вимірювально-обрахункові методи.

У останньому випадку масова частка жиру в молоці автоматично вираховується за допомогою пристроїв на основі інформації про непрямі параметри, функціонально пов'язані з масовою часткою жиру в контрольованому параметрі.

Системи управління процесом нормалізації молока оснащуються технічними засобами вимірювання масової частки жиру і витрати або маси молока, що нормалізується, і нормалізуючого продукту. Відхилення масової частки жиру в нормалізованому молоці від заданого значення ΔE_i (абсолютна похибка нормалізації) залежить від похибок вимірювальних і регулюючих приладів, використовуваних при управлінні процесом.

Розрахунки показують, що у всіх системах управління може бути забезпечена $\Delta E_i < \pm 0,1 \%$ за умови застосування засобів вимірювання масової частки жиру з абсолютною похибкою, відповідно: у нормалізованому молоці

ΔE_i не більш $\pm 0,1 \%$, а знежиреному молоці ΔE_i не більш $\pm 0,02 \%$ і в вершках ΔE_i не більше $\pm 0,5 \%$. У свою чергу, відносні похибки засобів вимірювання витрати продуктів і засобів регулювання співвідношень витрат мають бути не більш $\pm 1,5\%$ від верхньої межі вимірювання.

Прикладами систем управління процесами нормалізації молока (вершків) з регулюванням "по збуренню" є системи (пристрої) нормалізації молока в потоці типу УНП-2 і УНП-3 із застосуванням сепараторів-вершковідділювачів типу УНС-1 і УНС-2.

У системах УНП-2 і УНП-3 для стабілізації заданого значення масової частки жиру в молоці автоматично регулюється співвідношення витрат знежиреного і нормалізованого молока з корекцією цього співвідношення залежно від масової частки жиру в тому, що нормалізується і обезжиреному молоці. Молоко цілісне і знежирене змішується у всмоктуючій лінії насоса подачі цілісного молока. Отримана нормалізована суміш насосом прямує через клапан на охолоджувальну для пастеризації установку або в проміжний резервуар.

Система має контур регулювання потрібного співвідношення витрат знежиреного і нормалізованого молока з операторною корекцією його залежно від масової частки жиру в нормалізованому і знежиреному молоці. Контур оснащений вимірювальними блоками, датчики яких установлені на трубопроводах знежиреного і нормалізованого молока.

Системи УНС забезпечують управління процесом нормалізації молока із застосуванням сепаратора-вершковідділювача. При цьому їх можна використовувати для нормалізації молока як по жиру, так і по відношенню масової частки жиру в молоці до СОМО.

Система виконана в декількох модифікаціях. У модифікації УНС-1 при $\Delta E_i > J_n$ задана масова частка жиру в нормалізованому молоці керується завдяки оптимальному співвідношенню надлишкових вершків до отримуваних; при цьому співвідношення витрат коректується залежно від масової частки жиру

в молоці, що нормалізується і знежиреному. Контур регулювання співвідношення витрат має в основному аналогічні технічні засоби автоматизації, використовувані в системі УНП.

У модифікації УНС-2 разом із стабілізацією масової частки жиру в нормалізованому молоці передбачена стабілізація масової частки жиру в отримуваних на сепараторові вершках шляхом регулювання співвідношення витрат вершків і молока, що нормалізується.

Прикладом технічного вирішення системи управління процесом нормалізації молока з регулюванням "по відхиленню" з використанням для вимірювання масової частки жиру в нормалізованому молоці вимірювально-обчислювального (ІВ) методу є розроблена в ВНИМИ система типу УНВ-ІВ. Система складається з обчислювального блоку для визначення масової частки жиру нормалізованого молока у потоці і контуру її стабілізації. Обчислювальний блок визначає Жн по непрямим параметрах: витратам обезжиреного і нормалізованого молока і масової частки жиру що нормалізується і обезжиреного молока.

Контур стабілізації масової частки жиру нормалізованого молока підтримує задане значення Жн шляхом зміни витрати обезжиреного молока.

На відміну від УНП-3 система УНП-ІВ дозволяє безперервно контролювати масову частку жиру нормалізованого молока в потоці, що значно підвищує інформативність системи, збільшує точність задання Жн і таким чином сприяє в цілому зменшенню відхилення масової частки жиру нормалізованого молока від заданого значення.

Вміст жиру в нормалізованій суміші визначають за формулою:

$$Ж_{см} = K_p B_m$$

де $Ж_{см}$ - необхідний вміст жиру в нормалізованій суміші;

K_p - розрахунковий коефіцієнт;

B_m - вміст білка в початковому молоці.

Розрахунковий коефіцієнт встановлюють емпірично. Для цього проводять декілька різних вироблень сиру, установлюючи орієнтовану жирність нормалізованої суміші в залежності від вмісту жиру в початковому молоці.

Якщо фактичний вміст жиру $\mathcal{J}_\phi$ не відповідає встановленому $\mathcal{J}_t$, встановлюють поправочний коефіцієнт:

$$K_n = \frac{\mathcal{J}_m(100 - \mathcal{J}_\phi)}{\mathcal{J}_\phi(100 - \mathcal{J}_m)}$$

З допомогою цього коефіцієнта при наступних виробленнях сиру коректують орієнтовану жирність нормалізованої суміші, визначену по таблиці. Після того як буде отримано сир необхідної жирності – знаходять розрахунковий коефіцієнт:

$$K_p = \frac{\mathcal{J}_{cm}}{B_m}$$

Встановивши розрахунковий коефіцієнт, суміш для наступних вироблень сиру нормалізують по жиру з врахуванням вмісту білка в початковому молоці.

На практиці проводять не менше трьох приготувань и знаходять середній розрахунковий коефіцієнт, який і використовують для нормалізації суміші при всіх наступних приготуваннях сиру.

Розрахунковий коефіцієнт необхідно перевіряти і уточнювати не менше одного разу в місяць.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1. Аналіз об'єкта виробництва

При виготовленні сирків, а також їх пакуванні шкідливими факторами є підвищена температура окремих частин обладнання цеху, висока вологість (конденсація води на підлозі цеху), можливість травмування робочими органами фасовочних ліній. Небезпеку представляє також електричний струм у сумісності з високою концентрацією вологи у приміщеннях цеху.

Розглянемо вплив перерахованих вище чинників на організм людини. Для цього складемо таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 - Класифікація шкідливих виробничих факторів

Шкідливі і небезпечні фактори	Вплив на організм людини
Висока вологість	Вплив на органи дихання, розвиток хронічних захворювань дихальних шляхів.
Підвищена температура	Викликає опіки шкіри.
Робочі органи фасовочної лінії	Виробничий травматизм
Електричний струм	Порушення роботи серця і нервової системи внаслідок ураження струмом, судомне скорочення м'язів

6.2 Заходи спрямовані на виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог

Окремі елементи цеху що мають рухомі частини, та представляють потенційну небезпеку для травмування персоналу. Тому основними вимогами безпеки, що ставляться до конструкції машин і механізмів є безпека для здоров'я та життя людей, надійність та зручність експлуатації. Безпека виробничого обладнання забезпечується:

- Вибором безпечних принципів дії, конструктивних схем, елементів конструкції;
- Застосуванням у конструкції засобів захисту;
- Дотримання ергономічних вимог;
- Використанням засобів механізації, автоматизації та дистанційного керування.

За рахунок примусової вентиляції цеху забезпечується нормальна вологість повітря в приміщенні. Використання спец взуття виключає промокання.

Від дії високих температур, обладнання потрібно забезпечити огороження з попереджувачими знаками «Обережно висока температура», а також забезпечити вентиляцію даного приміщення.

Від ураження струмом людину захищає ізоляція провідників та їх з'єднань. Усі електродвигуни занулені.

Занулення – це спосіб захисту від враження струмом автоматичним відключенням пошкодженої ланки мережі і одночасно зниження напруги на корпусах обладнання на час, поки не спрацює відмикаючий апарат.

Для підвищення ефективності системи занулення особливу увагу приділяють надійності металічного обв'язки корпусу вентилятора з заземленою нейтраллю джерела живлення через нульовий провідник.

Усі працівники, яких приймають на роботу і ті, які в процесі роботи, проходять на підприємстві навчання й інструктаж з питань охорони праці, вивчають правила надання першої і швидкої допомоги потерпілим від нещасного випадку, а також правила поведінки при виникненні аварії чи пожежі на підприємстві.

Функції по захисту від впливу високих температур (1300°K в камері згоряння) виконує автономна система охолодження, яка контактуючи по всій поверхні гармати, охолоджує нагріті частини до допустимої межі ($60-80^{\circ}\text{C}$).

Від ураження струмом людину захищає ізоляція провідників і ковпачки, які щільно закривають контактні з'єднання (на свічці запалення). Гази протікають по гумових трубопроводах, які захищені від пошкоджень зовнішньою металевою оболонкою.

Щоб виключити нещасні випадки, працюючі на детонаційній установці зобов'язані суворо дотримуватись правил техніки безпеки.

Приміщення та споруди поділяються на категорії (А,Б,В,Г,Д) залежно від розміщених технологічних виробництв і властивостей речовин і матеріалів, які там застосовуються або утворюються. Цех по напиленню виробів належить до категорії В – пожежонебезпечна. Це приміщення в якому обертаються горючі та легкозаймисті газы та матеріали.

Причинами загоряння на виробництві можуть бути:

- куріння, залишені без нагляду нагрівальні прилади;
- перевищення допустимої температури;
- пошкодження транспортуючих трубопроводів;
- не здійснення продувки ствола гармати від залишків порошку;
- несвоєчасне очищення будівельних конструкцій приміщень від відпрацьованих мастильних матеріалів, гасу, бензину.

Велике значення для обмеження поширення вогню і забезпечення безпеки людей та їх евакуації з приміщення має план споруд і передбачення евакуаційних шляхів, які дозволяють людям при пожежі швидко покинути приміщення.

На даному виробництві кожне технологічне відділення відокремлене від сусіднього протипожежними перегородками, які виконані з негорючих

матеріалів. Протипожежні стіни опираються на фундамент. При пожежі вони забезпечують захист протягом 2,5 годин. Протипожежні стіни зводяться на всю висоту приміщення, розділяють перекриття і попереджують поширення пожежі по зовнішніх стінах. Кожне приміщення, кожна технологічна площадка мають не менше як по два виходи.

На території підприємства встановлені пожежні щити. До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщуються на них, включають ящик з піском, покривало з керамічного теплоізоляційного матеріалу (азбест), 2 ломи, 2 сокири, вогнегасники марки ОП-20 (порошкові). Для швидкого і точного оповіщення про пожежу і місце її виникнення в цеху призначається людина, яка сповіщає пожежну команду заводу про виникнення небезпеки.

Розроблені заходи захисту знижують виробничий травматизм, попереджають виникнення надзвичайних, критичних та аварійних ситуацій. Заходи по пожежній безпеці дозволяють вчасно виявляти осередки загоряння та швидко їх локалізувати, що зменшує затрати, пов'язані з даним шкідливим явищем.

Таким чином, проведені заходи по охороні праці на даному виробництві забезпечують нормальні умови праці персоналу, попереджають виникнення небезпечних ситуацій для здоров'я обслуговуючого персоналу, захищають персонал і обладнання від можливих аварійних ситуацій, задовольняють вимогам відповідних нормативних документів.

6.3. Розрахунок повітрообміну в приміщеннях за надлишками шкідливих речовин

Штучна (механічна) вентиляція, на відміну від природної, дає можливість очищувати повітря, перед його викидом в атмосферу, вловлювати шкідливі речовини безпосередньо біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря (очищувати підігрівати, зволожувати тощо), більш цілеспрямовано подавати повітря в робочу зону. Окрім того, механічна вентиляція дає можливість

організувати повітрозабір: у найбільш чистій зоні території підприємства і навіть за її межами.

При штучній вентиляції повітрообмін здійснюється внаслідок різниці тисків, що створюється вентилятором. Вона застосовується в тих випадках, коли тепловиділення у виробничому приміщенні недостатні для постійного (протягом року) використання аерації, або коли кількість чи токсичність шкідливих речовин, які виділяються у повітря приміщення є такою, що виникає необхідність постійного повітрообміну незалежно від метеорологічних умов навколишнього середовища.

Механічна вентиляція може бути робочою або аварійною. Остання повина передбачатися у виробничих приміщеннях, де можливе раптове надходження у повітря значної кількості шкідливих чи вибухонебезпечних речовин. Аварійна вентиляція повинна вмикатись автоматично при досягненні граничної концентрації небезпечних виділень і забезпечувати швидке їх вилучення із приміщення.

Основне завдання розрахунку загально обмінних систем штучної вентиляції – визначити кількість повітря L (м³/год.), що необхідно подати або вилучити з приміщення. При розрахунку вентиляції в цехах, повітрообмін, як правило, визначають розрахунковим шляхом за конкретними даними про кількість шкідливих виділень (теплоти, вологи, парів, газів, пилу).

В нашому випадку маємо цех, де виділяються шкідливі речовини, повітрообмін визначаємо за кількістю шкідливих газів, парів, пилу, що надходять у робочу зону, з метою розбавлення їх припливним повітрям до гранично допустимих концентрацій:

$$L = L_{o.з} + \frac{G - L_{o.з} \cdot (C_{o.з} - C_n)}{C_{yx} - C_n}$$

де G – кількість шкідливих речовин, що надходять у повітря цеху, мг/год.;

C_{yx} – гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин, що надходять у повітря цеху, мг/м³;

C_n – концентрація тих же шкідливих речовин у припливному повітрі, мг/м³;

$L_{o.з}$ – кількість повітря, що видаляється з приміщення з робочої зони місцевими насосами, м³/год;

$C_{o.з}$ – концентрація шкідливих речовин у повітрі відповідно у повітрі, що видаляється з робочої зони місцевими насосами, яке використовується на технологічні та інші потреби, мг/м³.

Гранично допустимі концентрації речовин, які виділяються у приміщення цеху[2]:

1. $C_{yx}(\text{CO}_2) = 5 \text{ мг/м}^3$;
2. $C_{yx}(\text{NO}) = 300 \text{ мг/м}^3$;
3. $C_{yx}(\text{гас}) = 20 \text{ мг/м}^3$;
4. $C_{yx}(\text{бензин в якості розчинника}) = 300 \text{ мг/м}^3$.

Загальне значення ГДК, які знаходяться у повітрі цеху:

$$k_1 = C_{yx}(\text{CO}_2) + C_{yx}(\text{NO}) + C_{yx}(\text{гас}) + C_{yx}(\text{бензин}) = 5 + 2 \cdot 300 + 20 = 625 \text{ мг/м}^3.$$

Кількість шкідливих речовин, що надходять у повітря внаслідок технологічного процесу:

$$G = 68755 \text{ мг/год.}$$

Знаходимо кількість повітря:

$$L = 50 + \frac{68755 - 50 \cdot 624,975}{625} = 110,01 \text{ м}^3/\text{год}$$

6.4. Шляхи вирішення задачі захисту від ЕМІ

Ідеальним захистом від ЕМІ було б повне закрите приміщення металевим екраном, в якому розміщена радіоелектронна апаратура. Разом з тим ясно, що практично забезпечити такий захист в ряді випадків неможливо, тому що для

роботи апаратури часто потрібно забезпечити її електричний зв'язок із зовнішніми пристроями.

Тому, використовуються менш надійні засоби захисту, такі як струмопровідні сітки чи плівкові покриття для вікон, стільникові металеві конструкції для воздухозабірників і вентиляційних отворів та контактні пружинні прокладки, розташовувані по периметру дверей і люків.

Більш складною технічною проблемою вважається захист від проникнення ЕМІ в апаратуру через різні кабельні вводи. Радикальним вирішенням даної проблеми міг би стати перехід від електричних мереж зв'язку до практично не підданих впливу ЕМІ волоконно-оптичних.

Однак заміна напівпровідникових приладів у всьому спектрі виконуваних ними функцій електронно-оптичними пристроями можливо тільки у віддаленому майбутньому. Тому в даний час як засоби захисту кабельних вводів найбільше широко використовуються фільтри, в тому числі волоконні, а також іскрові розрядники, металоокисні варистори і високошвидкісні зенеровські діоди.

Усі ці засоби мають як переваги, так і недоліки. Так, ємнісно-індуктивні фільтри досить ефективні для захисту від ЕМІ малої інтенсивності, а волоконні фільтри захищають у відносно вузькому діапазоні надвисоких частот. Іскрові розрядники володіють значною інерційністю й, в основному, придатні для захисту від перевантажень, що виникають під впливом напруг і струмів, що наводяться в обшиваці літака, кожусі апаратури й екрануванні кабеля.

Металоокисні варистори являють собою напівпровідникові прилади, що різко підвищують свою провідність при високій напрузі. Однак, при застосуванні цих приладів, як засобу захисту від ЕМІ, варто враховувати їхню недостатньо високу швидкодію і погіршення характеристик при кількаразовому впливі навантажень.

Ці недоліки відсутні у високошвидкісних зенеровських діодах, дія яких базується на різкій лавиноподібній зміні опору від відносно високого значення

практично до нуля при перевищенні прикладеної до них напруги визначеної граничної величини. Крім того, на відміну від варисторів, характеристики зенеровських діодів після багаторазових впливів високих напруг і переключень режимів не погіршуються.

Найбільш раціональним підходом до проектування засобів захисту від ЕМІ кабельних вводів є створення таких роз'ємів, в конструкції яких передбачені спеціальні міри, що забезпечують формування елементів фільтрів і установку вмонтованих зенеровських діодів. Подібне вирішення сприяє одержанню дуже малих значень ємності й індуктивності, що необхідно для забезпечення захисту від імпульсів, що мають незначну тривалість і, отже, потужну високочастотну складову. Використання роз'ємів подібної конструкції дозволить вирішити проблему обмеження масо-габаритних характеристик пристрою захисту.

Складність вирішення задачі захисту від ЕМІ і висока вартість розроблених для цих цілей засобів і методів змушують піти на перших порах по шляху їхнього вибіркового застосування в особливо важливих системах зброї і військової техніки. Першими цілеспрямованими роботами в даному напрямку були програми захисту від ЕМІ стратегічної зброї.

Такий же шлях обраний і для захисту систем, що мають велику довжину керування і зв'язку. Однак, основним методом вирішення даної проблеми закордонні фахівці вважають створення так званих розподілених мереж зв'язку (типу "Гвен"), перші елементи яких уже розгорнуті на континентальній частині США.

Сучасний стан проблеми ЕМІ можна оцінити в такий спосіб. Досить добре досліджені теоретично і підтверджені експериментально механізми генерації ЕМІ і параметри його вражаючої дії.

Розроблено стандарти захищеності апаратури і відомі ефективні засоби захисту. Однак, для досягнення достатньої впевненості в надійності захисту систем і засобів від ЕМІ необхідно провести випробовування за допомогою імітатора. Що стосується повномасштабних випробовувань систем зв'язку і

керування, то ця задача навряд чи буде вирішена в доступному для огляду майбутньому.

В даний час у деяких західних країнах ведуться роботи з генерації імпульсів електромагнітного випромінювання магнітодинамічними пристроями, а також високовольтними розрядами. Тому питання захищеності від впливу ЕМП будуть залишатися в центрі уваги фахівців при будь-якому результаті переговорів про ядерне роззброювання.

ВИСНОВКИ

У рамках даної кваліфікаційної роботи була розроблена автоматизована система керування технологічним процесом виробництва дитячих сирків. Запровадження такої системи автоматизації забезпечує стабільність технологічного циклу та дає змогу підтримувати необхідний обсяг випуску продукції на постійному рівні.

Функціонування процесу контролюється за допомогою програмованого контролера, що підвищує оперативність регулювання параметрів у всіх режимах роботи. Система забезпечує персонал достовірною та своєчасною інформацією про перебіг технологічних операцій і стан обладнання, тим самим оптимізуючи роботу обслуговуючого персоналу та підвищуючи загальну ефективність виробництва.

Для оцінювання стійкості та працездатності системи була розроблена математична модель автоматичного регулювання процесу.

Технологічні лінії з виробництва сирків характеризуються різноманітністю технологічного обладнання, яке вибирається залежно від способу виготовлення продукту, продуктивності лінії та методу сквашування молока.

У виробництві сиркових продуктів застосовують два основні методи отримання творогу: традиційний та роздільний. За традиційною технологією обробляють нормалізоване молоко та утворений із нього згусток. За роздільною технологією сирний (молочно-білковий) згусток одержують із знежиреного молока, після чого коригують його масову частку жиру внесенням вершків.

Технологічний процес виробництва сиру охоплює такі базові операції, як сквашування молока, формування згустку, виділення сироватки, охолодження сирної маси та її подальше фасування.

У проєкті також проаналізовані можливі виробничі небезпеки з позицій охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, що дозволяє забезпечити відповідність сучасним вимогам промислової безпеки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Микитишин А.Г. Методичні рекомендації з виконання, оформлення та захисту кваліфікаційних робіт магістрів спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / ТНТУ ім. І. Пулюя; уклад. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, В.В. Левицький, Р.І. Королук – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – 84 с.
2. Антипова Л. В. Технологія молока і молочних продуктів : підручник. Київ: Центр учбової літератури, 2018. 512 с.
3. Белякова Л. А., Кузнецов С. Ю. Технологія виробництва сиру. Львів : Новий Світ-2000, 2017. 368 с.
4. Білий В. М., Шиян П. Л. Технологія молочних продуктів. Київ : Кондор, 2019. 424 с.
5. Гарасимчук Л. А. Молочна справа : посібник. Тернопіль : Богдан, 2020. 352с.
6. Гіренко Г. Ф. Технологія сиру та сиркових виробів. Харків : ХНАМГ, 2016. 280 с.
7. Голубєв А. М. Процеси і апарати молочної промисловості. Київ : Аграрна освіта, 2015. 540 с.
8. Гурський Б. С., Коваль О. В. Молочне виробництво: технології та обладнання. Київ : Вища школа, 2017. 407 с.
9. ДСТУ 6003:2008. ДСТУ 6003:2008 Сири тверді. Загальні технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 18 с.
10. ДСТУ 4554:2006. ДСТУ 4554:2006 Сир кисломолочний. Технічні умови. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 12 с.
11. ДСТУ 4418:2005. Молоко і молочні продукти. Терміни та визначення понять. Київ, 2006. 40 с.
12. Зінченко Т. М., Рубан Н. М. Хімія молока і молочних продуктів. Київ : Академія, 2014. 240 с.
13. Інтенсивні технології виробництва молочних продуктів / За ред. О. Б. Капрельця. Київ : Урожай, 2016. 456 с.

14. Капрелець О. Б. Технологія молочних продуктів. Київ : Видавництво Ліра-К, 2019. 320 с.
15. Коваленко А. І. Молочні технології. Харків : Фактор, 2018. 368 с.
16. Крамаренко Г. М. Біотехнологія молочних продуктів. Київ : Видавничий дім «Слово», 2020. 278 с.
17. Лапенко О. М. Обладнання молочної промисловості. Київ : Вища освіта, 2017. 372 с.
18. Мацюк Р. І. Проектування і розрахунок молочного обладнання. Львів : ЛНТУ, 2015. 212 с.
19. Міжвідомчі нормативи технічного оснащення молочної промисловості. Київ : МінАПК, 2015. 165 с.
20. Молоко і молочні продукти : навч. посіб. / За ред. П. В. Шияна. Київ : Центр учбової літератури, 2021. 416 с.
21. Наукові основи молочного виробництва / За ред. В. П. Кучера. Київ : Наукова думка, 2016. 390 с.
22. Обладнання для виробництва сиру / Я. С. Кожухар. Харків : УкрДАЗТ, 2014. 256 с.
23. Паньків В. І. Сироваріння: теорія і практика. Київ : Алерта, 2019. 288 с.
24. Пащенко О. В., Цьома А. І. Харчові технології: молочна продукція. Київ : Кондор, 2020. 310 с.
25. Пилипчук Н. С. Мікробіологія молока і молочних продуктів. Київ : Освіта України, 2015. 264 с.
26. Поліщук О. І. Автоматизація технологічних процесів харчової промисловості. Київ : Ліра-К, 2018. 348 с.
27. Романенко П. О. Прилади контролю і автоматика молочного виробництва. Київ : Техніка, 2017. 302 с.
28. Сало В. М., Гордієнко О. С. Технологічні лінії молочної промисловості. Київ : Видавничий дім «Професіонал», 2016. 360 с.
29. Сахно О. В., Лагутенко Н. М. Технологія продукції тваринництва: молочарство. Київ : Аграрна освіта, 2018. 290 с.

30. Скульський І. А. Функціональні молочні продукти: технологія та якість. Львів : Сполом, 2020. 256 с.
31. Швиденко В. О. Технологія виробництва харчових продуктів : довідник. Київ : Центр учбової літератури, 2021. 520 с.
32. Ладанюк, А.П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості [Текст] : підручник для вузів І-ІУ рівнів акред. із спец. "Харчова технологія та інженерія" / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. - К. : Аграрна освіта, 2001. - 224 с. - ISBN 966-95661-2-6
33. Навчальний посібник «ТЕХНОЕКОЛОГІЯ ТА ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА. ЧАСТИНА «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»» / автор-укладач В.С. Стручок – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.
34. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» / В.С. Стручок – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., –156 с.
35. Вовк Ю. Я. Охорона праці в галузі. Навчальний посібник / Ю. Я. Вовк, І. П. Вовк – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А. – 2015. – 172 с.