

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

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництва
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення автоматизованої системи управління та
контролю технологічного процесу вагового дозування тіста

Виконали: студенти VI курсу, групи КАм-61
спеціальності 174 «Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
(шифр і назва спеціальності)

	Скицько В.М.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

	Федчук М.О.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Керівник	Савків В.Б.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль	Дмитрів О.Р.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри	Савків В.Б.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Рецензент	Левицький В.В.
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

Анотація

У кваліфікаційній роботі розроблено автоматизовану систему управління та контролю технологічного процесу виготовлення заготовок хліба.

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини. Пояснювальна записка об'ємом 160 сторінок містить шість розділів і додатки. Графічна частина містить 10 слайдів. При написанні було використано 16 джерел.

Мета даного проекту полягає в розробці автоматизованого пристрою контролю параметрів тістових заготовок в бункері тісторозділювача і відбракування заготовок, параметри яких не відповідають встановленим нормам.

Результатом проектування став розроблений комплекс автоматичного контролю температури, тиску на тісто та рівня продукту. Проектування здійснено на основі базової тісторозділювальної машини А2-ХТН.

Дана розробка може мати широке застосування не тільки в хлібопекарській галузі, але і в інших галузях харчової промисловості.

Зміст

Анотація.....	4
Вступ.....	7
1 Аналітична частина.....	10
1.1 Аналіз основних типів тісторозділювальних машин	10
1.1.1 Тісторозділювачі зі шнековим нагнітанням тіста	10
1.1.2 Тісторозділювачі з валковим нагнітанням тіста	12
1.2 Аналіз сучасних досягнень у автоматизації технологічного процесу випікання хлібобулочних виробів	19
1.2.1 Автоматизовані лінії з печами тупикового типу.....	19
1.2.2 Комплексно-автоматизовані лінії з печами тунельного типу	28
1.3 Обґрунтування актуальності автоматизації технологічного процесу випікання хлібу та процесів поділу тіста на тістові заготовки	30
2 Технологічна частина.....	39
2.1 Характеристики хлібобулочних виробів та особливості технології хлібопекарства	39
2.2 Розроблення технологічного процесу виробництва подового хліба	40
2.2.1 Складування, зберігання, підготовка до запуску у виробництво	42
2.2.2 Заміс тіста	44
2.2.3 Приготування тістозаготовок і укладання їх у форми.....	46
2.2.4 Розстойка хлібобулочних виробів	48
2.2.5 Випікання хлібобулочних виробів	49
2.2.6 Складування та відбраковка готових виробів	50
2.2.7 Методи контролю параметрів технологічного процесу випікання хліба.....	53
3 Конструкторська частина	55
3.1 Аналіз технічного завдання для проєктування автоматизованої системи виготовлення заготовок хліба	55
3.2 Аналіз вибору стандартного обладнання та компоновування атоматизованої системи.....	56
3.2.1 Обладнання для підготовки сировини.....	56
3.2.2 Обладнання для замісу тіста.....	58
3.2.3 Обладнання для формування тістозаготовок.....	60
3.2.4 Обладнання для розстоювання тістозаготовок та випікання хліба	68
3.3 Вибір та проєктування нестандартного обладнання автоматизованої системи	71
3.4 Вибір, розрахунок та опис електричних принципових схем нестандартного обладнання	71
3.4.1 Вибір контролера	71
3.4.2 Характеристика мікроконтролера	75
3.4.3 Модуль контролера	86
3.4.4 Розрахунок підсилювача для керування оптопарами.....	89
3.4.5 Розрахунок вхідного підсилювача	93
3.4.6 Давач температури	98
3.4.7 Давач тиску	100
3.4.8 Модуль індикації.....	101
3.4.9 Модуль живлення	102
3.4.10 Калібрування термометра і манометра	103
3.4.11 Опис роботи системи	106
3.5 Проєктування та розрахунок зубчастої пари редуктора	108
4 Науково-дослідна частина.....	111
5 Спеціальна частина. Розроблення керуючих програм для системи управління.....	119
5.1 Програмування мікроконтролера	119
5.2 Програмування зовнішнього комп'ютера	126
6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	129
6.1 Заходи з охорони праці на підприємстві	129
6.1.1 Організація охорони праці на хлібопекарських підприємствах	129
6.1.2 Розрахунок захисного заземлюючого пристрою для тісторозділювача А2-ХТН	132
6.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	134
6.2.1 Підвищення стійкості роботи хлібозаводу при дії електромагнітного поля або імпульсу на організм людини та виробництво.	134

6.2.2 Уражаюча дія електромагнітного випромінювання.	136
6.2.3 Методи захисту від впливу електромагнітного випромінювання.	138
Висновки.....	145
Перелік посилань	146

Вступ

Найбільшого розвитку в Тернопільській області досягнула харчова галузь. Це обумовлено потужною ресурсною базою для розвитку харчових підприємств. Найкраще розвинулися хлібопекарські, молокопереробні та м'ясопереробні галузі.

З метою покращення попиту на хлібобулочні вироби розширеного асортименту та високої якості, критично важливо впроваджувати прогресивні виробничі технології, а також здійснювати реконструкцію та оновлення виробничих потужностей таким чином, щоб досягти максимально можливого економічного ефекту.

Основними задачами хлібопекарської промисловості в успішному вирішенні питань атоматизації виробництва і підвищення технічного рівня є: збільшення потужності за рахунок реконструкції і технічного переоснащення; широке втілення у виробництво комплексно-автоматизованих ліній, що дозволяють звільнити працівників від монотонної ручної праці; збільшення числа цехів по обробці форм полімерними матеріалами з метою вивільнення робітників і економії олії, що йде на змащування; повсякчасний перехід на безтарне перевезення і зберігання основної і допоміжної сировини; розширення будівництва цехів по виробництву мілко штучних, національних виробів, проведення реконструкції і технічного переоснащення всіх виробничих ділянок.

З метою прискорення науково-технічного прогресу поряд із заміною застарілого обладнання вирішальне значення має робота по модернізації діючих машин і механізмів, підвищенню надійності і довговічності.

Для подальшого збільшення продуктивності праці в хлібопекарській промисловості необхідна атоматизація виробництва.

Технологічні процеси хлібопекарського виробництва являють собою складні системи, що обумовлено багатокomпонентністю використовуваної

сировини, високим ступенем невизначеності на різних етапах виготовлення хліба та наявністю нелінійних залежностей між ключовими параметрами. Враховуючи цю складність, автоматизації потребують як основні виробничі операції, так і допоміжні; впровадження автоматизованого вимірювання параметрів заготовок та готових виробів є необхідним заходом, який забезпечує значну економію ресурсів та надає критично важливу інформацію, спрямовану на зменшення кількісних і якісних втрат продукції.

Впровадження новітніх технологій забезпечує виготовлення продукції стабільно високої якості, раціональне використання матеріальних ресурсів та виробничого обладнання, а також рентабельність підприємств за рахунок зменшення собівартості хліба.

При виготовленні хліба необхідно контролювати вологість тіста для того, щоб воно не налипало на конвеєрні стрічки та ділильні ножі, не забивало механізмів замішування, розкатування та ділильні головки. Підвищена вологість призводить до зниження якості готового хліба, а також вимагає додаткових коштів на підналадку і обслуговування машин.

Важливим параметром для тістозаготовок є температура. Якщо не дотримуватися правильного температурного режиму, то хліб буде недопеченим або навпаки перепаленим. Температура повинна контролюватися напротязі усього технологічного процесу, починаючи від замісу і завершуючи випічкою.

Механічна обробка тістозаготовки має важливе значення для виробництва різних видів виробів. При обробці тіста важливо правильно призначити необхідну тістообробку. Це впливає на об'єм готової продукції, її фізичні властивості та привабливий зовнішній вигляд. Як показали дослідження для більшості виробів достатньо одного циклу обробки, хоча бажано проводити її в більш інтенсивному ритмі. Проте є ряд найменувань продукції, для яких є бажаним подвійний чи потрійний цикл обробки, якщо не забезпечуються основні параметри потрібних величин. Тому у виробництві потрібно знати величину тиску, який забезпечується у

тісторозділювачах та формовочних машинах.

Важливо правильно проводити технологічний процес в нормований час (наприклад, якщо тісто перебуватиме в бункері тісторозділювача довше 40 хв., то воно перебродить і хліб матиме погіршені смакові якості), тому необхідним є використання таймерів.

Для покращення умов роботи операторів пристрої контролю повинні сигналізувати про перевищення допустимих меж або постійно показувати значення вимірюваної величини на табло, а в результаті отриманих даних повинен бути сформованим керуючий сигнал. При розробці необхідно враховувати тип обладнання, яке використовується, адже якщо використовується автоматизоване обладнання, то керування кількома стадіями проходження технологічного процесу відбувається з одного пульта, а якщо обладнання не входить в автоматичну лінію, то відповідно і керуватися технологічний процес буде з кількох спеціалізованих пультів.

Метою даної кваліфікаційної роботи є створення такої системи для автоматизації тісторозділювача А2-ХТН, яка дозволить повністю використовувати внутрішні ресурси сировини, що переробляється, поліпшити якість виробів, що випікаються, зменшити відсоток браку і знизити трудомісткість операцій формоутворення тістозаготовок.

1 Аналітична частина

1.1 Аналіз основних типів тісторозділювальних машин

1.1.1 Тісторозділювачі зі шнековим нагнітанням тіста

Типова схема тісторозділювача з шнековим нагнітанням тіста подана на рис. 1.1. Такі тісторозділювачі забезпечують вкладання тістозаготовок в хлібопекарські форми, які подаються синхронно під ділильну головку ланцюговим транспортом машини. Тісторозділювач даної конструкції належить до типу машин з фіксованим ритмом роботи.

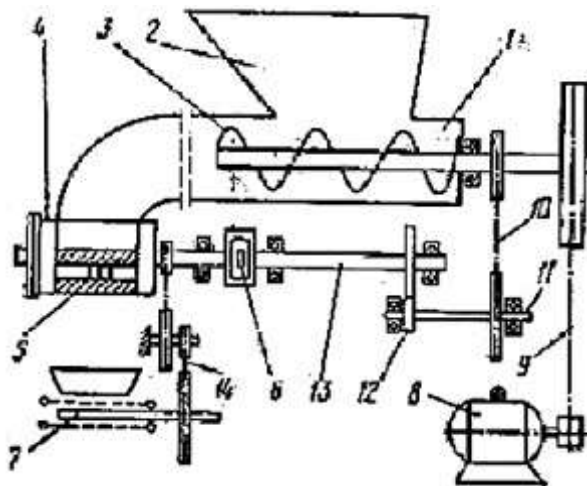


Рисунок 1.1 - Тісторозділювач з шнековим нагнітанням тіста:

1-корпус; 2-приймний бункер; 3-шнек; 4-ділильний барабан; 5-плаваючий поршень; 6-механізм періодичного зчеплення барабана; 7-транспортер для подачі форм; 8 - електродвигун; 9 - пасова передача; 10-ланцюгова передача; 11-проміжний вал; 12-пара циліндричних шестерень; 13-вал ділильного барабана; 14-ланцюгова передача привода транспортера.

Ділильна головка являє собою внутрішній барабан, який обертається всередині зовнішнього барабана. По центру внутрішнього барабана в діаметральному напрямку заварена циліндрична дозувальна кишеня з

вільнорухомим роз'ємним поршнем. Поршень складається з двох напівпоршнів, до яких кріпляться гвинти з правою і лівою різєю, а також направляючі колонки, які усувають можливість повертання напівпоршнів. Обидва напівпоршні з'єднані шестернею-гайкою, всередині якої є права і ліва різі. Шестерня-гайка нагвинчується на гвинти напівпоршнів. Дана конструкція забезпечує механічне з'єднання напівпоршнів і з допомогою маховика, черв'ячного вала, який входить в зчеплення з шестернею-гайкою, дозволяє при обертанні внутрішнього барабана проводити плавне регулювання об'єму кишені-дозатора, яка заповнюється тістом. При обертанні маховика черв'ячного вала за часовою стрілкою об'єм кишені зменшується, а при обертанні проти часової стрілки – збільшується.

Зовнішній барабан, всередині якого обертається внутрішній барабан з кишенею-дозатором, має два вікна. Тісто, яке нагнітається шнеком, через верхнє вікно зовнішнього барабана потрапляє в мірну кишеню циліндра, при цьому поршень переміщається з верхнього крайнього положення в нижнє.

Внутрішній барабан з кишенею і поршнем повертається (за часовою стрілкою, якщо дивитися з боку маховика) на 180° відносно зовнішнього барабану, при цьому поршень знаходиться в верхньому положенні, а частина кишені, заповнена тістом, в нижньому положенні. Шнек продовжує нагнітати тісто і переміщає поршень в крайнє нижнє положення. Поршень виштовхує відмірену частину тіста з кишені через нижнє вікно, відрізає його і тісто падає в одну з форм, які рухаються по транспортеру тісторозділювача. В цей час через верхнє вікно подається наступна порція тіста. Перервне обертання внутрішнього барабану ділильної головки забезпечується ділильним механізмом.

Ділильний механізм складається із зубчатого сектора (неповнозуба шестерня) і шестерні. Для виключення неспівпадання отвору кишені дозатора ділильної головки з вікном зовнішнього барабану (при виході із зачеплення зубів шестерні з зубами сектора) ділильний механізм

обладнаний тормозними дисками.

Транспортер призначений для точної своєчасної подачі порожніх форм під ділильну головку і відводу заповнених тістом форм. Форми, заклепані в секції по дві або по три, подаються на транспортер і, захоплені робочим ланцюгом, подаються точно під отвір ділильної головки машини. Завдяки механічній залежності руху ланцюга транспортера від обертання внутрішнього барабана головки ланцюг рухається тільки при обертанні барабана. Ланцюг транспортера отримує періодичний рух від вала ділильної головки через приводний ланцюг.

Процес роботи тісторозділювача полягає в тому, що тістова маса з приймального бункера за допомогою шнекового механізму примусово подається в регульовану ділильну головку. Далі головка в послідовному режимі здійснює точне дозування тіста та подає сформовані порції у форми, які переміщуються транспортером. Рух форм відбувається синхронно з роботою ділильної головки, оскільки привід транспортера жорстко узгоджений з її приводним валом.

1.1.2 Тісторозділювачі з валковим нагнітанням тіста

Розділювально-округлювальний автомат А2-ХЛ1-С9 (рис. 1.2) складається з розділювача і тістоокруглювача з індивідуальними приводами, змонтованими на спільній основі.

Агрегат розроблений в Україні і призначений для розділення і округлення тістозаготовок при виготовленні дрібних виробів масою 0,05-0,20 кг з пшеничного борошна.

Нагнітаючий елемент даного автомата виконаний у вигляді багатоваликової машини з періодичним поворотом валиків з допомогою храпового механізму. Кут повороту валиків за кожен цикл може регулюватись в необхідних межах для забезпечення подачі тіста в залежності від виду, маси, кількості виготовлюваних виробів. Ділильний двопотоковий пристрій виконаний за типом ділильної головки машини

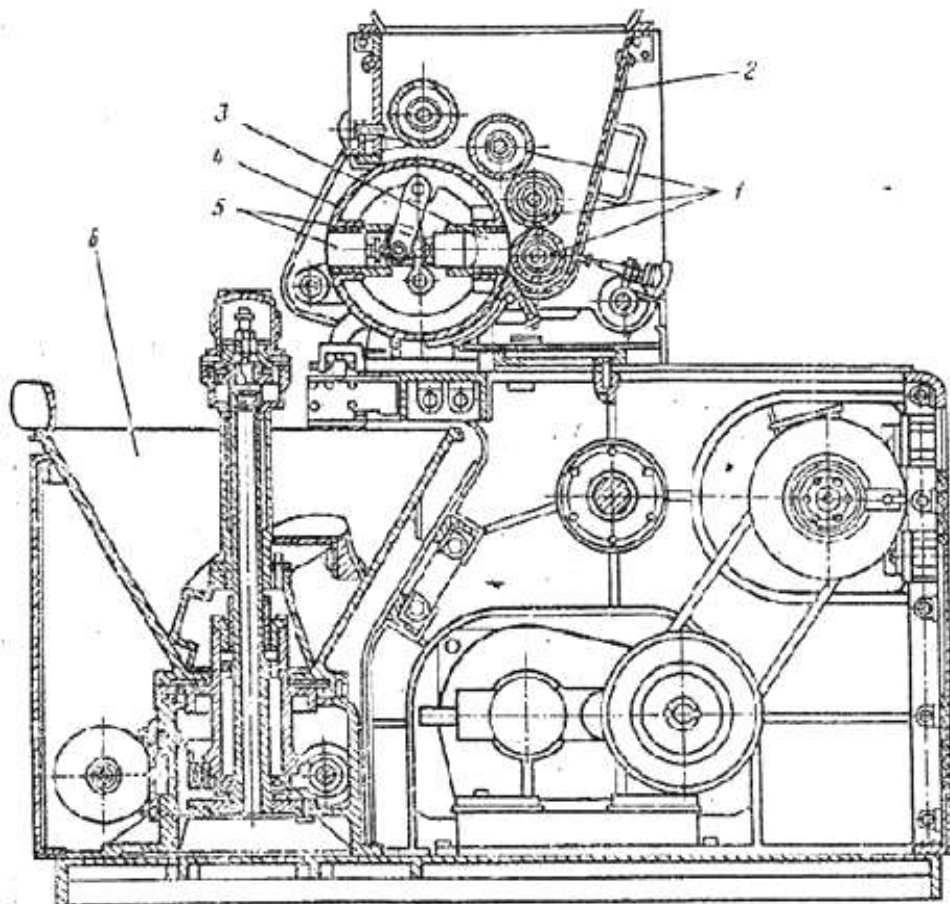


Рисунок 1.2 - Ділильно-округлювальний автомат А2-ХЛ1-С9:

1-валки; 2-камера для тіста; 3-вимірні кишені; 4-ділильний барабан; 5-поршень; 6-округлювач.

Технічна характеристика ділильно-округлювального автомата А2-ХЛ1-С9.

Тип нагнітання тіста	валковий
Продуктивність, штук/хв.	40..100
Маса тістозаготовки, кг	0,05..0,2
Число циклів ділильної головки, хв.	10-25
Точність ділення, %	± 1
Електродвигуни, загальна потужність, кВт	3,6

В неперервно рухомому барабані є два наскрізних канали, всередині яких рухаються розсувні поршні. Рухом цих поршнів керує важільний механізм з копіром. Маса заготовок тіста регулюється шляхом зміни відстані між половинами поршнів керуючим механізмом, це відповідно змінює об'єм камер-дозаторів ділильної головки.

В приводі даної машини передбачені черв'ячний редуктор та клинопасовий варіатор для плавного не ступінчастого регулювання частоти обертання ділильного барабана в межах від 10 до 25 об/хв. чи відповідного числа робочих циклів 20-50 за хвилину, що дає продуктивність 40-100 заготовок за хвилину.

Крім розділювача машина містить округлювач Т1-ХТН з малою чашею для надання заготовкам круглої форми [3, 8, 9]. Для уникання злипання заготовок в округлювальній машині, що надійшли одночасно з двох каналів ділильної головки, передбачено розділювальний пристрій, який затримує одну із заготовок на півцикла ділильної головки.

Тісторозділювач працює наступним чином. Тісто з прийомного бункера потрапляє в камеру, де валки з періодичним обертанням і неперервно рухомий ділильний барабан створюють зону нагнітання. Відведені в крайнє положення поршні створюють ділильні кишені, що заповнюються тістом. Одночасно з утворенням ділильних кишень з діаметрально протилежних боків каналів барабана виштовхуються раніше відміряні частини тіста. При обертанні барабана виштовхнуті частини тіста відділяються від барабана нерухомим ножем і скидаються рухомим валиком в бункер округлювача [14, 15, 16, 17]. При цьому одна з частин затримується в лотку, утвореному лопаткою і стінкою механізму скидача.

Заготовки тіста, потрапляючи в округлювачі на нижню частину нерухомої спіралі, притискаються до неї рухомою конічною чашею. Рух чаші надає заготовці круглої форми.

За один оборот ділильного барабана відмірюються чотири заготовки. Маса заготовок і продуктивність регулюються безступінчасто. Перед

входженням в камеру поршні змащуються маслом, яке періодично подається плунжерним насосом, що приводиться в дію від кулачка.

До тісторозділювачів з валковим способом нагнітання належить чотирициліндровий роторний РТ-2М (рис. 1.3).

Технічні характеристики тісторозділювача РТ-2М.

Тип нагнітання тіста	валковий
Продуктивність, штук/хв.	36..43
Маса тістозаготовки, кг	0,4..1,0
Точність ділення, %	± 1,5
Діаметр ділильного барабана, мм	500
Частота обертання ділильного барабана, об/хв.	9
Діаметр кишені, мм	128
Число кишень-дозаторів	4
Максимальний хід поршня, мм	100
Електродвигун	
потужність, кВт	1,5
частота обертання, об/хв	950

Даний тісторозділювач відноситься до машин з об'ємним принципом дії з валковим нагнітанням тіста у вимірні кишені роторного ділильного барабана [18, 19, 20, 21]. Він складається з станини, на якій змонтовано електродвигун, приводний вал, валки, прийомний бункер, розділювальний барабан, кишені-дозатори, кулачки виштовхувача з регулятором маси, розвантажувальний транспортер.

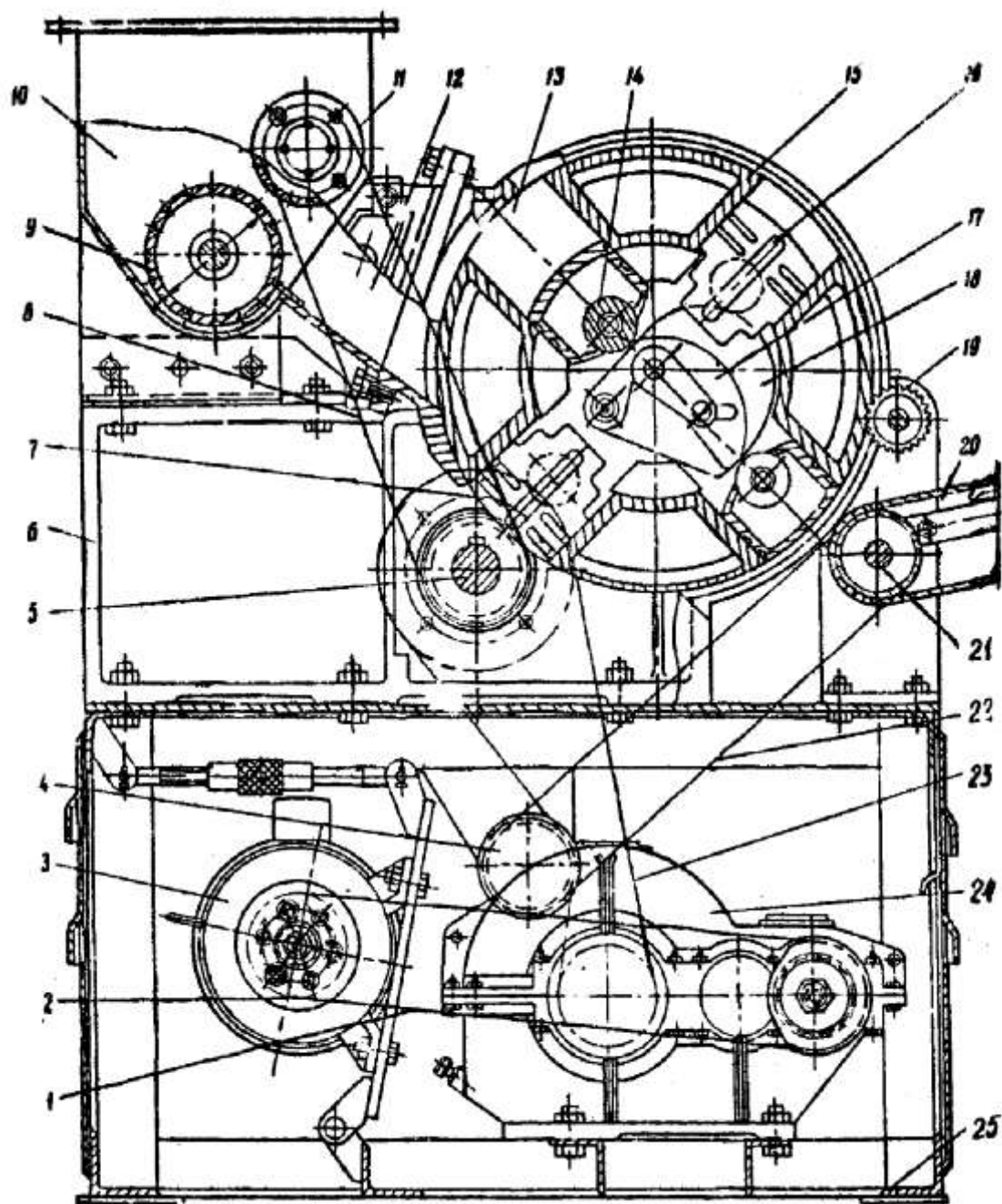


Рисунок 1.3 - Роторний чотирьохдозаторний тісторозділювач РТ-2М:

1 – клинопасова передача; 2 – варіаторний шків; 3 – електродвигун; 4 – блок зірочок; 5 – голвний вал; 6 – станина; 7 – зубчаста передача; 8, 22, 23 – ланцюгові передачі; 9, 11 – нагнітаючі валки; 10 – прийомна порожнина; 12 – тістова камера; 13 – мірна кишень; 14 – ролик; 15 – ротор; 16 – поршень; 17, 18 – кулачки; 19 – рифлений валик; 20 – транспортер; 21 – вал; 24 – редуктор; 25 – постамент.

Станина складається з двох литих чавунних стійок, прикріплених до постаменту болтами. Прийомний бункер складається з тістокамери з нагнітальними барабанами і штуцера. Камера виконана зварним методом. Литий чавунний штуцер кріпиться до бокового фланця камери. Ділильний барабан являє собою порожнисту чавунну відливку або складальну конструкцію з радіально розміщеними чотирма вимірними кишенями. Всередині кишень розміщені поршні з пальцем і роликом. Для обмеження ходу поршнів і передбачення їхнього прокручування вони мають паз, в який входить спеціальний болт, закріплений в циліндрі.

Механізм регулювання маси і виштовхування відміряних кусків тіста складається з регулювального кулачка і черв'ячної пари кулачка виштовхувача. Робоча частина кулачків спрофільована згідно графіка шляху поршня в залежності від повороту барабана.

Привод машини здійснюється від електродвигуна типу АОЛ-2-31-6 через варіаторний шків, встановлений на валу електродвигуна, клиновим пасом на шків редуктора РЦД-250, від редуктора ланцюговою передачею – на приводний вал і натяжну зірку. Ділильний барабан приводиться в рух від приводного вала циліндричною передачею, а валики нагнітання – ланцюговою і циліндричною передачами.

Тісторозділювач працює наступним чином. В прийомний бункер тісто надходить самопливом, звідти двома нагнітальними барабанами подається в тістокамеру. При сполученні вимірних камер ділильного барабана з отвором штуцера тісто заповнює камери. Під тиском тіста поршні відходять до центра барабана, доки не впруться своїми роликами в кулачок регулювання маси. При подальшому обертанні барабана ролик поршня рухається по кривій кулачка. В цей період відбувається ущільнення тіста доти, доки отвір вимірної камери не вийде з-під козирка штуцера.

При подальшому обертанні барабана ролик поршня з кулачка регулювання маси переходить на криву кулачка виштовхувача, рухає поршні до зовнішньої поверхні ділильного барабана і виштовхує тісто на

вал, що скидає їх на розвантажувальний транспортер.

За один оборот ділильного барабана відмірюється чотири тістозаготовки. Регулювання маси заготовок здійснюється поворотом кулачка регулювання маси вручну. Після регулювання черв'ячний вал закріплюється стопорним гвинтом.

З бункера тісто надходить в тістокамеру, де захоплюється неперервно рухомою лопастю. Спочатку заслонка відкрита, внаслідок чого газу з тіста при ущільненні виштовхуються назад в бункер. Потім заслонка закривається і під тиском лопаті тісто заповнює вимірну камеру ділильної головки.

Коли тиск у тістокамері досягає заздалегідь встановленого значення, відбувається заповнення вимірної кишені ділильної головки. Будь-який надлишок тіста повертається назад у бункер через спеціальну заслонку, яка повертається під дією цього надлишкового тиску. Спеціальний механізм постійно підтримує та регулює тиск у камері в заданих межах. У наступному такті, при черговому заповненні вимірної кишені, поршень виштовхує попередньо відміряну порцію тіста, яку ніж відсікає від ділильної головки. Варто зазначити, що при виробництві тістозаготовок малої маси додатково використовується рухомий валик. Після виходу з ділильної головки сформовані порції тіста потрапляють спочатку на похилий транспортер, а звідти вже прямують до округлювальної та закатувальної машин.

Як видно з перерахованих типів машин, тісторозділювач існує як у вигляді окремої машини, так і в комплексному поєднанні з тістоокруглювачем. Використання того чи іншого типу тістоділильної машини диктується вимогами до технології виготовлення, якостей продукції та норм на виробництво.

Використання комплексної машини не тільки дає вигоду у коштах при покупці, але й покращує можливість регулювання міжмашинної взаємодії.

1.2 Аналіз сучасних досягнень у автоматизації технологічного процесу випікання хлібобулочних виробів

Автоматизовані лінії для виробництва круглого подового хліба можуть забезпечити автоматизацію процесу виробництва при випічці хліба як у печах з колисково-подовим конвеєром, так і в печах зі стрічковим конвеєром [22, 23, 24, 25]. Автоматизація процесу пересадження тістозаготовок на колиски і синхронізація роботи лінії з піччю, що має колисково-подовий конвеєр, має ряд труднощів [26, 27, 28, 29]. У зв'язку з цим система керування лініями і конструкції ліній з тупиковими і тунельними печами істотно відрізняються.

Автоматизовані лінії для круглого подового хліба можуть виконуватися на основі розстойних агрегатів і укладальників, що випускаються серійно і спеціально розроблених для нового покоління обладнання заводів.

1.2.1 Автоматизовані лінії з печами тупикового типу

Ці автоматизовані лінії застосовуються для обробки і посадки в піч тістозаготовок круглого подового хліба масою 1 кг із пшеничного борошна І-го і ІІ-го гатунків з тупиковими печами площею поду 16 і 25 м².

До складу лінії входять (рисунок 1.4): піч з колисково-подовим конвеєром; посадчик тістозаготовок на колиски печі; конвеєр остаточної розстойки; укладальник тістозаготовок у колиски агрегату остаточної розстойки; конвеєр; тістоокруглювальна і тістоділильна машини.

Лінія працює таким чином. На тісторозділювач подається тісто з ділянки замісу, підготовлене згідно рецептури і нормативів випічки. Тістозаготовки, що надходять з тістоокруглювальної машини після проходження процесів розділення і округлення, передаються на прийомний лоток укладальника. Після нагромадження заданої кількості заготовок, вони

укладаються в кишені підвісів шафи остаточної розстойки. Потім конвеєр шафи переміщається на один крок і зупиняється.

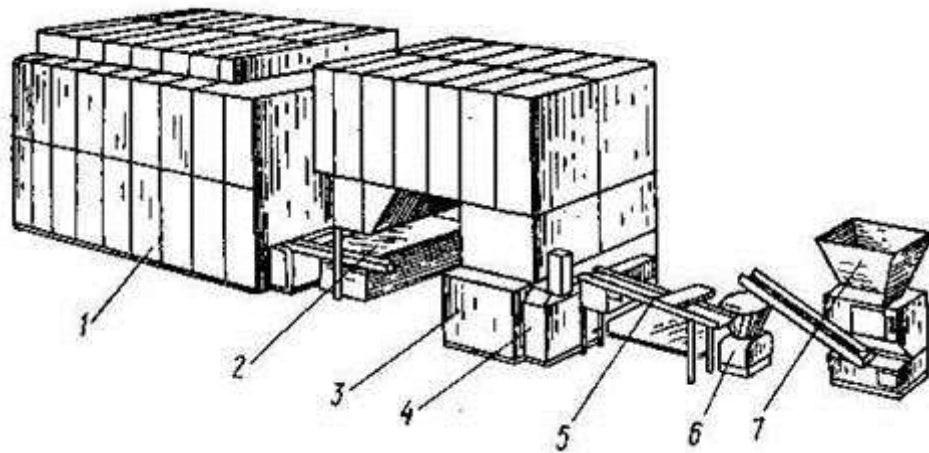


Рисунок 1.4 - Лінія для виробництва круглого подового хліба на тупикових печах:

1-тупикова піч; 2-посадчик заготовок підвіси в печі; 3-агрегат остаточної розстойки; 4-укладальник заготовок на підвіси агрегату остаточної розстойки; 5-конвеєр; 6-тістоокруглювач; 7-тісторозділювач.

На позиції розвантаження, при переміщенні конвеєра, касети підвісів перекидаються за допомогою упора, і розстояні тістозаготовки передаються на стрічку каретки посадчика. При цьому тістозаготовки взаємодіють з механізмом, що включає посадчик. Каретка з тістозаготовками переміщається в положення над колискою печі і починає рухатися в зворотному напрямку, а тістозаготовки при цьому пересаджуються на колиску печі.

Після повернення каретки у вихідне положення посадчик виключається і включається привод конвеєра печі, що переміщається на один крок і зупиняється.

Тістоокруглювальна машина має неперервний режим роботи. Тісторозділювальна машина в залежності від прийнятої схеми подачі заготовок працює безупинно чи з зупинками після видачі групи (заданого числа) заготовок. Така схема може забезпечити тільки роботу печі невеликої

потужності і, як правило, ці лінії створюються для роботи печей ФТЛ-2 площею пода 16 м^2 .

Широке освоєння серійного виробництва комплексних ліній для випічки круглого подового хліба на печах з люлечно-подовим конвеєром ускладнюється через проблему точного укладання тістозаготовок на підвісі печі.

При ручному укладанні застосовується конвеєр із кроком підвіски кошиків 280 мм і, відповідно, шириною кошики $245\text{--}250 \text{ мм}$. Круглий подовий хліб із пшеничного і житнього борошна масою 1 кг має діаметр $200\text{--}250 \text{ мм}$, тому при неточній посадці на вузьку кошику можлива деформація заготовки і хліба. Однак при застосуванні широкої кошики (350 мм) із кроком підвіски 420 мм (у комплексах А2-ХЛД і А2-ХЛД-10) продуктивність знижується в $1,5$ рази.

Автоматизована лінія для виробництва круглого подового хліба з піччю ФТЛ-2 спроектована і розроблена на хлібокомбінаті № 6 м. Києва (рис. 1.5). Комплексна автоматизована лінія з піччю ФТЛ-2 є першим вітчизняним агрегатом такого типу. Вона застосовується для виробництва круглого подового хліба та булок масою 1 кг із борошна І-го і ІІ-го гатунків і працює в комплексі з піччю ФТЛ-2. Передній її вал винесений за межі пекарної камери на 300 мм . Тістозаготовки укладаються в кошику шафи розстойки.

Укладальник (рис. 1.6) складається зі стрічкового конвеєра, привода і поворотного механізму. Рама конвеєра, зварена з кутника, своїми цапфами легко повертається в підшипниках, змонтованих на стійках. Оскільки осі цапф паралельні напрямку руху конвеєрної стрічки, рама конвеєра може повертатися відносно поздовжньої осі конвеєра.

Механізм повороту, розташований з боку натяжного барабана, складається з електродвигуна, черв'ячного редуктора, на вторинному валу якого посаджений ексцентриковий диск. Ексцентриситет змінюється в залежності від необхідного кута нахилу конвеєра.

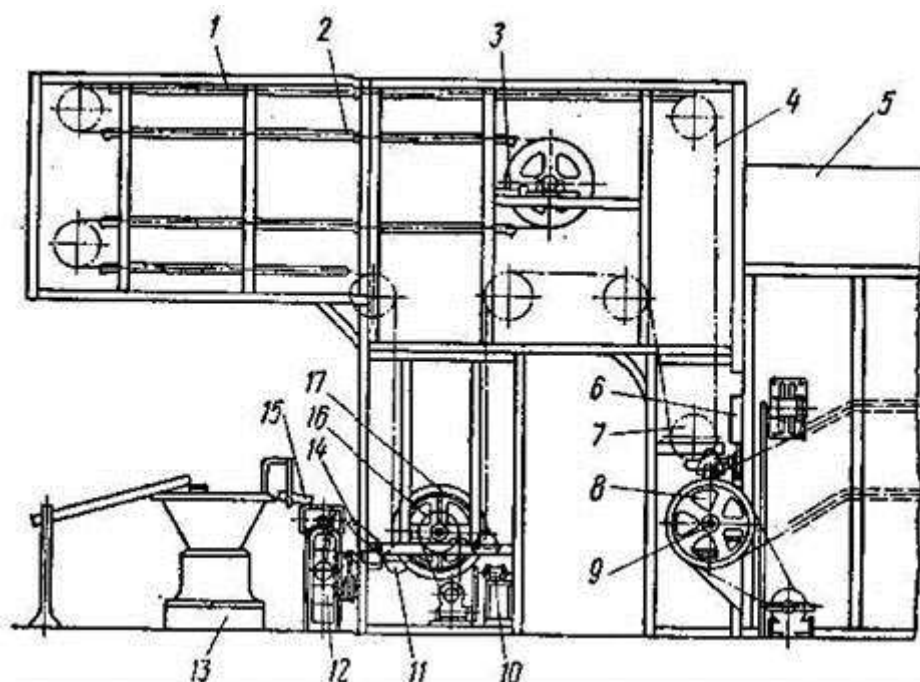


Рисунок 1.5 - Автоматизована лінія виготовлення круглого подового хліба:
 1-каркас; 2-направляюча; 3-натяжна станція; 4-тяговий ланцюг; 5-піч ФТЛ-2;
 6-механізм повороту (розвантаження) колиски; 7-розвантажувальна зірка;
 8-коліска печі; 9-вал печі; 10-привод розстойного конвеєра; 11-розстойна
 коліска; 12-вкладальник; 13-округлювач СКМ; 14-направляюча; 15-лоток;
 16-ланцюгова передача; 17-вал з 13 ведучими зірками.

Регульована тяга з'єднує ексцентричний диск із кривошипом рами. Максимальний кут нахилу $\alpha = 90^\circ$. Привод ведучого барабана здійснюється від електродвигуна через черв'ячний редуктор, ланцюгову передачу, пару конічних і пару циліндричних шестерень. Приводний вал складається з двох частин, зв'язаних між собою однооборотною муфтою. Муфтою керує шарнірно підвішений лоток через систему важелів і запірний стержень.

Механізмом повороту конвеєра керує командний пристрій, що складається з пари циліндричних шестерень, упора і двох кінцевих вимикачів. Для запобігання прилипання тістозаготовок над стрічкою встановлений борошнорозпилювач. Випадково прилиплі до стрічки тістові заготовки скидаються дерев'яною планкою, шарнірно закріпленою на рамі

конвеєра.

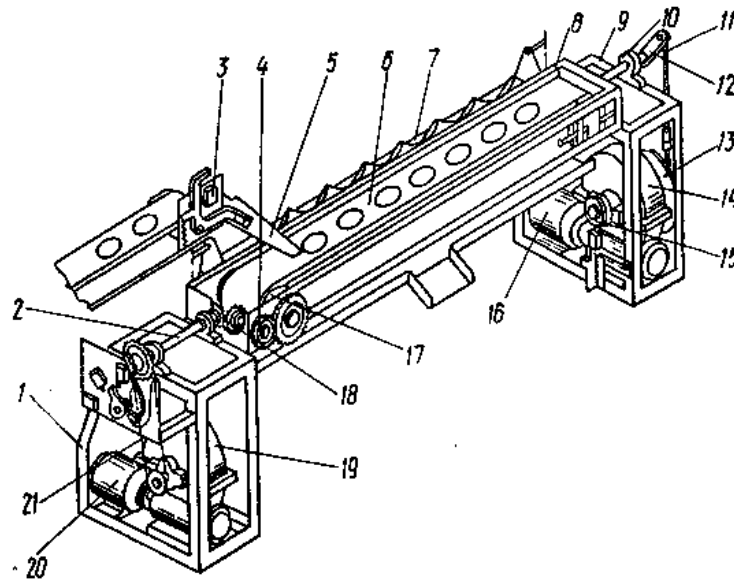


Рисунок 1.6 - Стрічковий укладальник:

1,9-стійки; 2-приводний вал; 3-кінцевий вимикач; 4-циліндричні шестерні; 5-лоток; 6-стрічка конвеєра; 7-направляючі; 8-рама; 10-підшипник; 11-тяги; 12-кривошип рами; 13-ексцентриковий диск; 14,19-редуктори; 15-кулачок; 16,20-електродвигуни; 17-ведучий барабан; 18-конічні шестерні; 21-ланцюгова передача.

Шарнірно прикріплені до стійок укладальника направляючі передають тістозаготовки в колиску шафи для розстойки. Шафа розстойки являє собою Г-подібний каркас з кутникового прокату, на якому змонтований чотиринитковий конвеєр, механізм регулювання часу розстойки і привод конвеєра. Каркас обшитий щитами. Конвеєр виконаний у вигляді пари нескінченних ланцюгів із кроком 140 мм, до яких через кожні чотири ланки підвішена колиска.

Розвантажувальні зірочки встановлені над винесеним валом печі, щоб колиска, яка надійшла для розвантаження, зупинялася над колискою печі. Розстойна колиска – це рамка на підвісках. На цапфах і проміжних опорах рамки обертається восьмимісна касета, до якої прикріплені полотняні

мішечки, охоплені гумовими стрічками. Цапфи подовжені і пропущені через підвіски рами. На лівій підвісці шарнірно закріплений важіль, що, упираючись у зріз цапфи, охороняє касету від випадкового перекидання. На лівій подовженій цапфі закріплений важіль для повороту касети.

Колиска розвантажується за допомогою механізму, закріпленого на передній стінці каркаса печі. Він являє собою вал, що вільно повертається в кульових опорах. На кінцях вала посаджені дві втулки з важілями. Перший з них взаємодіє з планкою, закріпленою на штоку електромагніта (до штока підвішений вантаж), другий – з важелем коліски для повороту касети.

Час розстойки змінюють у результаті пропуску частини касет без завантаження.

Агрегат працює таким чином. Тістозаготовки з тістоокруглювача попадають на шарнірно підвішений лоток, що під їхньою масою нахилиється. При цьому лоток через систему важелів переміщає вздовж осі запорний стержень, звільняючи собачку диска. Під дією пружини собачка входить у зачеплення з храповиком, що жорстко сидить на лівій частині приводного вала. Однооборотна муфта замикається. Права частина приводного вала робить один оборот (ліва частина вала обертається постійно), переміщаючи стрічку конвеєра.

Число зубів шестерень і діаметр барабана підібрані так, що за один оборот муфти стрічка переміщається на довжину, рівну кроку укладання тістозаготовок. Пружина переміщає стержень вправо. Стержень натискає на фасонний кінець собачки, виводить її з зачеплення, зупиняючи конвеєр.

До моменту вкладання на стрічку восьми заготовок (по числу мішечків в колісці розстойного конвеєра) шестірня командного пристрою встигає зробити повний оборот, упор шестерні взаємодіє з кінцевим вимикачем і подає імпульс на включення електродвигуна. Спрацьовує привод нахилу конвеєра, і заготовки по направляючих скочуються в мішечки розстойного конвеєра.

Кулачок, впливаючи на кінцевий вимикач, виключає електродвигун

привода механізму нахилу. Після цього включається електродвигун привода конвеєра для розстойки і переміщає його на один крок. В момент проходження розстойної колиски над колискою печі відповідний їй упор механізму регулювання тривалості розстойки натискає на штовхач кінцевого вимикача, зупиняючи конвеєр розстойки. При цьому відкривається замок, що не дозволяє касетам повертатись. Одночасно знеструмлюється електромагніт механізму розвантаження колиски, включений паралельно електродвигуну конвеєра.

Під дією власної маси опускається шток електромагніта і натискає своєю планкою на важіль вала. Вал повертається, і важіль, що сидить на його другому кінці, впливаючи на важіль касети, повертає її. Тістозаготовки укладаються на колиску печі і конвеєр печі переміщається на один крок. Далі цей цикл повторяється.

Лінія керується від тістоділильної машини, що видає задану кількість частин тіста відповідно до продуктивності печі і розрахункової тривалості випічки. Для зміни тривалості випічки варіатором необхідно змінити ритм подачі тістозаготовок.

Технічна характеристика лінії:

Продуктивність, т/добу	12
Маса розстоюваних тістозаготовок, кг	1
Загальна кількість колисок	59
В тому числі робочих	48
Кількість кишень в колисці	8
Потужність електродвигуна, кВт:	
привода конвеєра розстойки	1,7
привода стрічки	0,26
нахилу конвеєра	1

На основі агрегату, створеного на хлібокомбінаті № 6 м. Києва, розроблено та впроваджено автоматизовані лінії ХКШ і А2-ХЛД.

Агрегат ХКШ (рис. 1.7) застосовується для виробництва круглого подового хліба масою 1 кг. По конструктивному виконанню даний комплексно-автоматизований агрегат є більш досконалим, в ньому більш повно автоматизовано процеси формування та випічки подового хліба. Автомат ХКШ складається з укладальника тістозаготовок у колиски розстойного конвеєра, шафи розстойки з чотирьохпотоким конвеєром. Конвеєр шафи – два вертикально-замкнуті ланцюги з кроком 140 мм, до яких шарнірно через три ланки підвішені колиски.

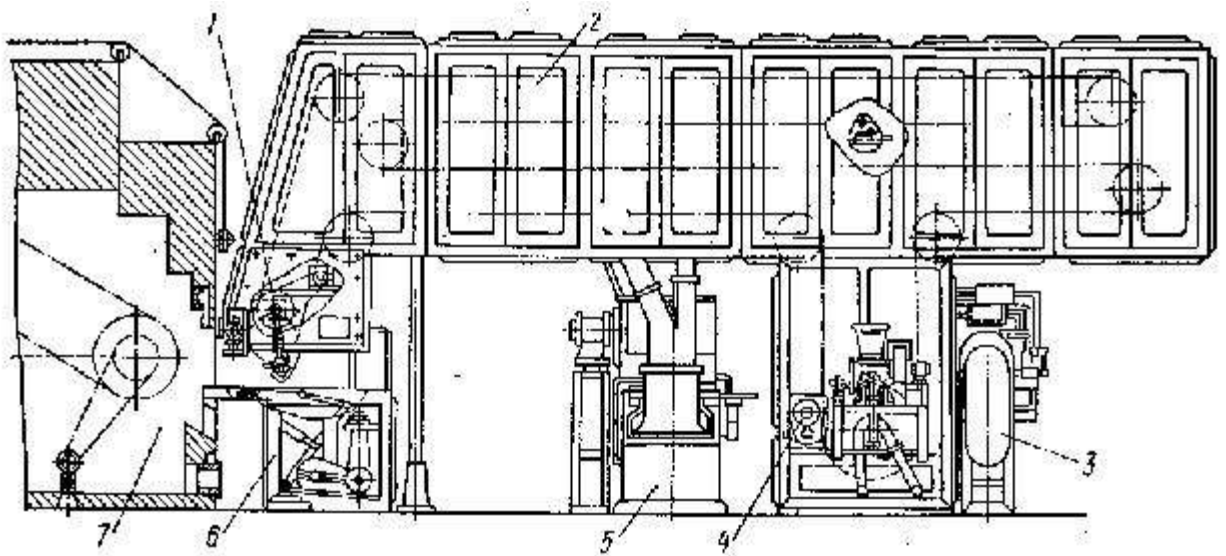


Рисунок 1.7 - Агрегат ХКШ:

1-механізм розвантаження; 2-шафа завершального розстоювання; 3-вкладальник готових заготовок в колиски; 4-механізм регулювання тривалості розстойки; 5-кондиціонер К-1-55; 6-інерційний вкладач; 7-піч ФТЛ-2.

Касети встановлені на підвісках в колисках, мають по сім кишень для тістозаготовок. На подовжених цапфах касет закріплені важелі для повороту касети при розвантаженні і поверненні її у вихідне положення.

Секційний каркас облицьований змінними теплоізоляційними щитами і шарнірно підвішеними дверками. Температура і вологість середовища розстойки підтримуються кондиціонером. На одному з нижніх щитів змонтовані прилади для контролю температури і вологості в камері

розстойки.

В передній секції шафи для розстойки встановлений механізм поливання тістозаготовок, посаджених на колиску печі. Він являє собою каретку, що рухається по двох напрямних. Каретка переміщається за допомогою ланцюга, привод якого аналогічний приводу механізму повороту касети. За один цикл каретка переміщається в одному напрямку. Хід її дорівнює довжині коліски печі – 1920 мм.

На каретці знаходиться кран з Т-подібною рукояткою. До нижньої направляючої прикріплені два упори, з якими взаємодіє рукоятка крана при русі каретки. Вода подається до крана з водопроводу по гнучкому гумовому шлангу, на якому закріплена латунна трубка, що має розпилювач над коліскою печі, що завантажується.

Механізм для пересадження тістозаготовок на колиску печі без виносу її за межі пекарної камери розташований перед устям печі. Тістозаготовки з шафи розстойки пересаджуються на стрічку посадкового механізму в результаті повороту касети коліски.

При включенні електродвигуна вкладальника лопата із заготовками під дією важеля, з'єданого з кривошипом, насадженим на вал редуктора, рухається вперед [30, 31, 32]. При цьому стискується пружина, що забезпечує швидкий відвід лопати, що досягла граничного положення. В передньому положенні лопата знаходиться над коліскою печі на відстані 15–20 мм. Тістозаготовки під дією сил інерції залишаються на місці і пересаджуються на коліски печі. Електродвигун вкладальника включається періодично одночасно з поворотом посадочного механізму в шафі розстойки.

Касети коліски розстойного конвеєра повертаються за допомогою механізму повороту. Механізм приводиться в рух від електродвигуна через редуктор і ланцюгову передачу і являє собою кривошип, зв'язаний тягою з важелем. У спеціальному кронштейні змонтований вал, на кінці якого укріплені важіль і фасонний важіль. При обертанні кривошипа важіль

повертає вал, а разом з ним і фасонний важіль, що натискає на важіль поворотної семимісної касети, що обертається на пальцях у рамці. При повороті важіль фасонною частиною утримує колиску від зсуву вліво і плавно повертає касету, з якої тістозаготовки укладаються на стіл вкладальника. Тяга має пружинний компенсатор. При повороті кривошипа на 360° упор через кінцевий вимикач виключає механізм повороту колиски і включає електродвигун привода вкладальника.

1.2.2 Комплексно-автоматизовані лінії з печами тунельного типу

На основі тунельних хлібопекарських печей створені поточноавтоматизовані лінії для виробництва круглого подового хліба. Пересадка розстояних тістозаготовок на стрічковий под не вимагає складних пристроїв, аналогічних вкладальникам на колиски печі. Виходячи з цього, все устаткування лінії, крім шафи розстойки і вкладальника, є універсальним, що може застосовуватися для виробництва круглого подового хліба з ручним вкладанням і пересадкою.

Розроблений агрегат ХІПР (рис. 1.8) для розстойки заготовок круглого подового хліба масою 1 кг встановлюється в комплекті з піччю ПХС-25 або БН-25. Він складається з прийомного конвеєра, вкладальника і шафи розстойки, у передній частині якої знаходиться механізм розвантаження.

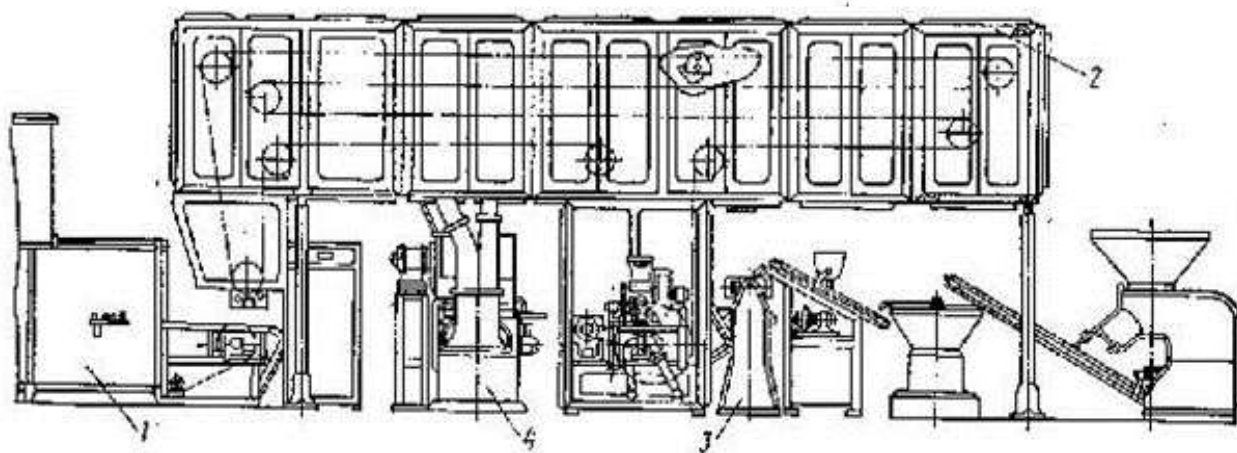


Рисунок 1.8 - Агрегат ХІПР:

1-піч; 2-шафа розстойки; 3-вкладальник тістозаготовок в колиски; 4-

кондиціонер.

Прийомний конвеєр – це каркас, на якому змонтована рама стрічкового конвеєра. Кут нахилу конвеєра регулюється в межах від 0 до 25° до горизонтальної площини. Конвеєрна стрічка натягається регулювальними гвинтами. При необхідності можна змінювати довжину конвеєра, що дасть можливість пристосовуватись до будь-якої компоновки устаткування. Конвеєр приводиться в рух електродвигуном через редуктор і ланцюгову передачу. Під ведучим барабаном конвеєра закріплений імпульсний лоток. Під вагою тістозаготовки, що потрапила на його, лоток відхиляється і натискає на шток кінцевого вимикача, закріпленого під ним. Над стрічкою прийомного конвеєра встановлений борошнорозпилювач.

Вкладальник – конвеєр із кроковим переміщенням стрічки. Він змонтований у підшипниках каркаса і за допомогою зубчастого сектора може повертатися навколо поздовжньої осі на 180°. Верхня робоча ланка стрічки зберігає постійний напрямок руху при повороті конвеєра за допомогою спеціального механізму, що складається з конічної передачі, ексцентрикового упора і рухомої двосторонньої кулачкової муфти. Цей механізм встановлений у приводній головці поворотного конвеєра.

Привод ведучого барабана і поворот конвеєра здійснюються електродвигуном через редуктор, ланцюгову передачу, однооборотну муфту і систему зубчастих передач.

Зі стрічки поворотного конвеєра в колиску розстойки тістозаготовки подаються через направляючі, прикріплені до каркаса шафи розстойки. Чотирьохнитковий конвеєр розстойки складається з двох паралельних тягових ланцюгів із кроком 140 мм, що охоплюють приводні, поворотні і натяжні зірочки. Конвеєр рухається періодично.

Привод конвеєра, змонтований на окремій рамі, складається з електродвигуна з вбудованим електромагнітним колодковим гальмом, клинопасової передачі і планетарного редуктора, що з'єднаний із приводним

валом конвеєра за допомогою хрестово-кулісної муфти.

Через кожні три ланки ланцюга конвеєра підвішені колиски, що складаються з рамки і восьмимісної поворотної касети. Рамка підвішена до шарнірів ланцюга, а касета встановлена своїми цапфами в підшипниках рамки і може повертатися на 135° . Права вісь рамки має голівку, що при русі колиски взаємодіє з кінцевим вимикачем механізму зупинки. До касети прикріплені полотняні мішечки, в яких розстоюються тістозаготовки. На одній з подовжених цапф касети встановлений двоплечевий важіль, що при русі колиски повз механізм повороту касети взаємодіє з його штирями.

Механізм повороту закріплений в передній частині шафи над подом печі і являє собою кронштейн із двома штирями. Перший призначений для розвантаження колиски, другий – для повернення касети у вихідне положення.

Для запобігання прилипання тіста кишені колиски перед завантаженням обпилюються борошном.

1.3 Обґрунтування актуальності автоматизації технологічного процесу випікання хлібу та процесів поділу тіста на тістові заготовки

Дослідження в області регулювання процесів обробки тіста, в тому числі математичне моделювання деяких процесів, серед яких і процесу формоутворення, а також отримані експериментальні дані, дозволяють рекомендувати промисловості технологічні схеми і методи регулювання процесів обробки тіста, що забезпечують значне скорочення або збільшення терміну виробничого процесу в залежності від реального та бажаного значень технологічних параметрів.

Теорія і практика хлібопекарського виробництва показує, що на якість хлібобулочних виробів в значній мірі впливає режим розділення тіста і розстойки тістозаготовок.

Під режимом розділення розуміється характер деформації тістових заготовок і затрат енергії на їхню механічну обробку. Режим розстойки передбачає певну тривалість процесу і параметри повітря (температура і відносна вологість). В навчальних посібниках, технологічних інструкціях по виробництву вказуються оптимальні способи розділення тіста і параметри розстойки. Проте теоретичних робіт, присвячених впливу окремих параметрів вказаних процесів на якість виробів, значно менше, ніж таких, що описують ці взаємозв'язки на інших стадіях виробництва.

При технологічній оцінці тісторозділювача слід враховувати забезпечення необхідного ступеня механічної обробки тіста, від якої залежать об'єм і структура пористості хлібобулочних виробів.

Для покращення властивостей хліба проводять додаткову механічну обробку тіста шнеками перед формовкою. Ця обробка приводить до збільшення об'єму пшеничного формового хліба з борошна II гатунку на 15-25%, покращення пористості, м'якуш стає світлішим (див. табл. 1.1).

В практиці хлібопекарства за кордоном для покращення якості використовують подвійне і навіть потрійне округлення і закатку тістозаготовок при проведенні попередньої і завершальної розстойки в конвеєрних шафах з кондиціонуванням повітря.

В хлібопекарській промисловості важливим є дотримання точності маси тістових заготовок, що випускаються тісторозділювачами різних конструктивних схем. Точність роботи тісторозділювача може бути досягнута дотриманням постійного рівня тіста в бункері з допомогою автоматичного пристрою.

Як зазначалося раніше, правильне проведення процесу формування хлібних заготовок та підготовка до випічки дає змогу покращити як вигляд продукції, так і якісні показники.

Промисловість виготовляє комплексні автоматизовані лінії, що складаються з стандартних пристроїв (для збільшення уніфікації та взаємозамінності) та виконують в більшій мірі вимоги для покращення

якості готової продукції.

Таблиця 1.1 - Вплив механічної обробки тіста на якість хліба

Показники якості хліба	Вид механічної обробки тіста					
	Розділювання	Округлення, закатування	Подвійне округлення, закатування	Округлення, подвійне закручування	П'ятикратне округлення, закатування	Округлення, п'ятикратне закатування
Питомий об'єм, мл на 100г	277	296	299	301	310	318
Вологість, %	43,8	43,7	43,8	43,6	43,6	43,6
Пористість, %	76	78	79	79	80	80
Кислотність, град	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,7
Гнучкість, мм	7,4	7,6	7,7	7,8	8,0	8,0
Відносна пружність, %	47,3	54	50,7	46,8	54,0	59,5
Стан м'якуша	Твердува- тий	М'який			Еластичний, м'який	
Структура пористості	Крупна, недостатньо рівномірна, товстостінн а	Середня, недостатньо рівномірна, товстостінна			Дрібна, рівномірна, тонкостінна	
Колір м'якуша	Темнуватий	Світліший			Найсвітліший	

Таке виконання готових автоматизованих ліній включає встановлені додаткові пристрої та обладнання для контролю технологічних параметрів процесу. У випадку використання розрізненого застарілого обладнання, що послужило для створення єдиної автоматизованої лінії, контроль процесів та

параметрів не завжди відповідає бажаному стану, тому є необхідною модернізація та створення автоматизованих ланок, які не передбачені промисловістю.

При виборі машин та апаратів для реалізації технологічних операцій, окрім задовільних показників продуктивності, гнучкості, довговічності та інших, необхідно обов'язково враховувати ключові конструктивні вимоги, що висувуються до обладнання хлібопекарського виробництва.

Всі машини та апарати повинні демонструвати високі техніко-економічні показники, під якими розуміють низку параметрів, віднесених до їхньої продуктивності, включаючи масу обладнання, розмір займаної ним площі, витрату електроенергії, пари та води, а також вартість обслуговування та всі інші витрати, пов'язані з експлуатацією, поточним і капітальним ремонтом.

Конструкція обладнання повинна повністю відповідати вимогам сучасної прогресивної технології, зокрема, форма, розміри, швидкості і траєкторії руху робочих органів, а також параметри, як-от температура теплоносія, повинні бути узгоджені з фізико-механічними та хімічними властивостями продукту і обраним технологічним режимом.

Особливе значення має вибір матеріалів для виготовлення робочих органів: оскільки значна частина сировини і напівфабрикатів містить кислоти, деякі робочі органи повинні бути виконані з корозійностійких матеріалів, при цьому всі робочі органи повинні мати високу зносостійкість, адже потрапляння частинок матеріалу в харчовий продукт робить його непридатним до вживання.

Сучасні харчові машини часто є досить швидкохідними, тому навіть незначна неврівноваженість обертальних деталей може спричинити виникнення шкідливих динамічних навантажень, які викликають вібрацію машин і будівельних перекриттів, надмірне зношення підшипників та зайву витрату енергії, відповідно, всі швидко обертові деталі повинні бути ретельно статично або динамічно урівноважені.

Простота конструкції є великою перевагою, оскільки вона значно полегшує як обслуговування, так і ремонт. Нарешті, машини, апарати і транспортуючі пристрої не повинні мати застійних зон, де могло б накопичуватися тісто чи продукт; станини мають бути обтічні та закриті, а технологічна частина повинна бути надійно відокремлена від механічної частини за допомогою перегородок або інших пристроїв.

У хлібопекарській промисловості застосовуються тісторозділювальні машини, що працюють по об'ємному принципу дозатора. Об'ємні дозатори мають ряд переваг:

- більш проста конструкція;
- менша маса;
- висока точність роботи;
- забезпечення кращих показників для подового хліба.

Виходячи з цих міркувань доцільно використати для приготування тістозаготовок саме машину з об'ємним принципом дії.

З існуючих тісторозділювачів можна зробити вибір між шнековими, валковими та лопастевими машинами. Проте згідно вимог до подового хліба, що відбиваються і на важливості параметрів тіста, надається перевага лопастевим тісторозділювачам. Тому для виробництва подового хліба використовується машина А2-ХТН.

Розділення тіста включає наступні операції: розділення тіста на частини, формування тістозаготовок (округлення), попередня розстойка, завершальна розстойка. В залежності від асортименту виробів розділення складається з всіх перерахованих операцій або тільки деяких з них. Так, наприклад, попередня розстойка використовується лише у виробництві булочних і здобних виробів з пшеничного борошна. Розділювання тіста повинно здійснюватись не пізніше, ніж через 30-40 хвилин після завершення процесу бродіння, через загрозу прокисання [3, 10, 11].

Механічна обробка пшеничного тіста під час розділювання позитивно впливає на структуру клейковини, об'єм, пористість і стан м'якуша хліба.

Особливо це помітно при механічній обробці тіста, приготовленого прискореним методом. Через свої природні характеристики, а саме пружність та порівняно невелику адгезію (прилипання), пшеничне тісто вимагає більш інтенсивної механічної обробки в процесі розділення, ніж цього потребує житнє тісто.

На етапі розділення тісто спочатку надходить у бункер над соплом ділильної машини, який має вміщувати запас тіста, достатній для 30–40\$ хвилин роботи. За допомогою заслінки у нижньому отворі тістоспуску регулюється надходження тіста в сопло розділювача, де його рівень має підтримуватися постійним.

У багатьох випадках стабільний рівень тіста забезпечується за допомогою електродних датчиків, що підвищує точність процесу поділу та зменшує витрати робочого часу оператора. Із вихідного сопла розділювача тістова маса надходить у робочу камеру обладнання, звідки за допомогою спеціального спрямовуючого механізму подається у вимірювальні порожнини. Із цих порожнин формуються заготовки однакової маси та об'єму. Усередині машини тісто додатково перемішується та ущільнюється до заданого тиску, що стабілізує його густину й підвищує точність дозування.

Подача тіста у вимірювальні камери тісторозділювача може здійснюватися різними виконавчими механізмами, зокрема шнеками, поршнями, вальцями або лопатевими органами. Так, тісторозділювачі зі шнековою подачею (наприклад, типу ХДФ-М-2) застосовуються під час виготовлення формового хліба з житнього, житньо-пшеничного та пшеничного борошна II, а інколи й I гатунку, оскільки шнек забезпечує інтенсивне перемішування тіста та видалення газових включень, що позитивно впливає на формування пористої структури м'якуша.

Оскільки тістові заготовки після розділення одразу укладаються у форми, додаткова механічна обробка їм, як правило, не потрібна. Водночас необхідно враховувати, що робота шнеків може частково послаблювати

клеяковинний каркас, тому тісторозділювачі зі шнековим нагнітанням не використовуються для виробництва подового хліба, булочних і здобних виробів із пшеничного борошна. Для таких виробів застосовують машини з валковою, поршневою або лопатевою подачею тіста (див. табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Використання найпоширеніших видів тісторозділювачів для випуску різних видів продукції.

Марка тісторозділювача	Нагнітальний елемент	Маса тісто-заготовок, кг	Точність розділення тіста, %	Призначення розділювача
ХДФ-М-2	Шнек	0,8-1,25	$\pm 1,6$	Для формового хліба
A2-ХТН	Лопаті	0,2-1,2	$\pm 2,0$	Для подового хліба і булочних виробів
РМК-60А	Поршні	0,05-0,55	$\pm 2,5$	Для дрібних виробів з пшеничного сортового борошна
A2-ХЛ1-С9	Валки	0,05-0,20	$\pm 1,0$	

Основні технологічні вимоги, які ставляться до тісторозділювача - це точність розділення тіста на частини заданої маси і широкий діапазон зважування частин. Точність розділення тіста має велике технологічне і економічне значення.

Весь асортимент виробів виробляється поштучно, при підрахунку виходу хліба і економії чи перевитрати борошна враховують не фактичну, а стандартну масу одиниці виробу, тому, якщо середня маса виробу виявиться більшою, ніж стандартна, то відбудеться перевитрата борошна. Якщо маса виробу менша за стандартну (з врахуванням допустимих відхилень), то всі

вироби забракують як неповноцінні.

Стандарти на готові вироби допускають (для більшості асортименту) середнє відхилення по масі в бік зменшення (2,5%).

При зупинці тісторозділювача тісто в бункері і камері продовжує бродити, густина тіста падає, після чого маса тістозаготовок зменшується. При повторному запуску тісторозділювача перші 8-10 тістозаготовок слід повернути в бункер машини, оскільки до входження в усталений режим можливе виникання неточності роботи, а масу наступних частин слід декілька разів перевірити.

Тривалі ритми переробки порції перебродившого тіста не допускаються, оскільки при цьому змінюється густина напівфабрикату, що знижує точність розділення.

Маса тіста на виході з розділювача повинна забезпечувати стандартну масу виробу після вистигання. В середньому маса однієї частини тіста повинна бути на 10-12% більше маси готового, охолодженого виробу, так як в процесі випікання маса зменшується шляхом випаровування води. Зниження маси тіста при випіканні коливається в межах 6-12% від маси тіста. Зменшення маси випеченого хліба при вистиганні в подальшому зберіганні (усушка) складає 2-4% маси гарячого хліба. Тому необхідно при розрахунку маси тістозаготовки розраховувати з врахуванням зменшення маси на випічку і усушку.

Якщо відхилення від заданої маси більше за допустиме, то необхідно провести регулювання об'єму мірних кишень тісторозділювача.

Проектована система контролю параметрів технологічного процесу на основі тісторозділювача А2-ХТН повинна забезпечувати оптимальні параметри проведення розділення тіста на заготовки. Для цього необхідно забезпечити неперервний контроль за температурою і тиском в бункері тісторозділювальної машини.

Як видно із наведених джерел, тиск на тісто в камері повинен бути сталим і не повинен перевищувати встановлені межі ($1 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^5$ Па). В

такому випадку готовий хліб буде мати постійну вагу і не буде відбракований через нерівномірну густину і пористість. Температурний параметр також є дуже важливим, оскільки після перебродіння тіста хліб буде мати інший смак, і може бути відбракований через появу нових властивостей.

Для уникнення випічки бракованого подового хліба і для того, щоб відбракований напівфабрикат не подавати на подальшу обробку, необхідним є встановлення конвеєра, який буде подаватись в разі виявлення невідповідності встановленим технологічним нормам.

2 Технологічна частина

2.1 Характеристики хлібобулочних виробів та особливості технології хлібопекарства

Хлібобулочні вироби – вироби з борошна, що можуть набувати різноманітної форми. Залежно від способу виробництва розрізняють два види хліба: формовий (хліб, який випікається в різнотипових формах) та подовий (хліб та різноманітні батони, що випікаються на поду печі або на листах). Ці вироби характеризуються високою харчовою цінністю, приємним смаком і привабливими зовнішнім виглядом. Подовий хліб переважно круглий з опуклою поверхнею, може містити різні смакові добавки, у тому числі різноманітні прянощі. Цей продукт є висококалорійним концентратом. Це обумовлено високим вмістом легкозасвоюваних вуглеводів, жирів і білків.

Фактичний асортимент хлібопекарської продукції для кожного підприємства визначається:

- попитом і можливостями реалізації виробленої продукції;
- технічними можливостями підприємства: наявністю відповідного устаткування, необхідних складських (для сировини та готової продукції), виробничих та інших приміщень, їхня відповідність вимогам і стандартам, зазначеним у санітарних правилах і нормах;
- кваліфікацією працівників технологічної служби підприємства.

Як подовий, так і формовий хліб можуть випікатися з пшеничного, житнього борошна, а також з суміші пшеничного та житнього борошна різних гатунків та процентного вмісту.

Всі вищезазначені якості можуть дотримуватися тільки при ґрунтовній підготовці, перевірці складових компонентів, правильно проведеному технологічному процесі, дотриманню перевірених норм та

режимів виробництва, транспортування та зберігання продукту.

Хлібобулочні вироби повинні виготовлятися з дотриманням технологічних рецептур та інструкцій відповідно до ДСТУ. Всі види сировини вітчизняного виробництва, що надходять на хлібопекарські підприємства, повинні задовольняти вимоги ДСТУ чи ТУ. Кожна партія повинна супроводжуватися спеціальним посвідченням якості і бажано сертифікатом відповідності. Імпортна сировина супроводжується гігієнічним висновком і сертифікатом відповідності.

При виготовленні хлібобулочних виробів прийнято розрізняти основну і додаткову сировину. До основної сировини відносять: борошно, дріжджі, сіль і воду, до додаткової сировини – цукор і цукристі продукти, жири (тваринного чи рослинного походження), молочні продукти, яйця, солод, продукти переробки плодів і ягід, пряності, ароматичні речовини.

Однією з головних задач, які стоять перед хлібопекарною промисловістю є покращення якості продукції і підвищення її біологічної цінності. Тому смакові властивості виробів повинні постійно покращуватись, а збагачення її білковими речовинами і вітамінами повинно наблизитись до науково обумовленої норми споживання.

При застосуванні нової технології властивості виробів можуть змінитись настільки, що не враховувати їх було б неправильно. Так при виготовленні хлібобулочних виробів з додаванням молочних продуктів, харчова цінність виробів, збільшується вміст цукрів і вільних незалежних амінокислот, сповільнюється черствіння, покращуються аромат та засвоюваність виробів.

2.2 Розроблення технологічного процесу виробництва подового хліба

Технологічний процес виготовлення хліба складається із слідуєчих

операцій:

складування, зберігання, підготовка до запуску у виробництво;
заміс;
приготування тістозаготовок та вкладання їх у форми;
попередня та завершальна розстойка;
випікання;
складування та відбраковка готових виробів.

Технологічний процес на підприємстві здійснюється у відповідності з виробленим технологічним планом на кожен сорт виробів і агрегат, і з виробничим графіком, складеним з врахуванням добового заказу.

Технологічний план є документом, складеним на основі затвердженої рецептури, технологічних інструкцій, діючих ДСТУ, ТУ і планових норм виходу на кожен сорт виробів. Технологічний план містить результати розрахунків продуктивності обладнання по кожній технологічній лінії по всіх сортах виробів, виробничу рецептуру по стадіях технологічного процесу, розхід сировини, а також всі технологічні параметри від початку приготування тіста і до виходу готової продукції і апаратне забезпечення виконання рецептури і параметрів процесу.

Технологічний план складається раз в рік. Якщо асортимент і параметри випікання виробів та інші показники не змінились, технологічний план може бути продовжений, але не більше, ніж на один рік. Основні показники технологічного процесу по видах виробів і агрегатах – вологість тіста, його завершальна кислотність, маса частин тіста щорічно затверджується спеціальним наказом по підприємству.

Виробничу рецептуру, що є основною складовою технологічного плану, розробляють на основі діючих рецептур, технологічних інструкцій, стандартів з врахуванням якості перероблюваної сировини.

В технологічному режимі вказують ритм замішування напівфабрикатів (при порційному приготуванні), початкову температуру, кінцеву кислотність, тривалість бродіння напівфабрикатів, масу заготовок,

тривалість розстоювання і випічки кожного виду виробів і температуру камери печі (по зонах).

У випадку надходження борошна з відхиленням від середньої якості, відключення енергії та інших причин, з метою попередження випуску нестандартної продукції, начальник лабораторії вносить відповідні зміни в рецептуру і режим виготовлення хліба і записує ці зміни в журнал рецептур і технологічних вказівок.

Щоденна організація технологічного процесу і завантаження обладнання уточняється у відповідності з добовим замовленням по кількості і асортименту виробів.

Технологічна лінія, що використовується для виробництва подового хліба є універсальною, що дозволяє випікати широкий асортимент хлібобулочних виробів. Технологія виготовлення хлібобулочних виробів відрізняється тільки внесенням різної кількості компонентів (борошна різних видів та гатунків, додаткових добавок). Тістозамішування, тісторозділення, тістоокруглювання, розстоювання і випічка відбуваються без змін обладнання, лише при розділенні тіста змінюється величина заготовок, а при розстойці і випічці змінюються параметри робочого середовища.

2.2.1 Складування, зберігання, підготовка до запуску у виробництво

Вся сировина, що надходить на підприємство, повинна відповідати ДСТУ, якість перевіряється в обладнаних виробничих лабораторіях у відповідності з діючою нормативно-технологічною документацією і «Положеннями про виробничі лабораторії хлібопекарської промисловості». Перед прийомом сировину зважують. При цьому використовуються платформові ваги для зважування сировини в тарі, а при постачанні в машинах (сіль, цукор) і автоцистернах (борошно, рідкі жири, дріжджове молоко) великими партіями проводиться зважування автомобілів з

сировиною і без неї на автовагах.

Зберігання і підготовка сировини до запуску в виробництво проводиться у відповідності до вимог, які ставляться до кожного виду сировини. Якщо сировина знаходиться на складі довше терміну придатності, то вона може бути використана тільки після повторного аналізу виробничої лабораторії.

Борошно є основною сировиною хлібопекарського виробництва. Для випікання хліба використовується борошно наступних типів: пшенична крупчатка, вищий гатунок, I гатунок, II гатунок, відбірне, житнє просіяне, обдирне і обойне, а також відбійне житньо-пшеничне і пшенично-житнє.

Перспективним є спосіб виготовлення тіста з оптимізацією процесів розростання колоїдів борошна, молочнокислого і дріжджового бродіння. Хліб на хімічних розрихлювачах рекомендується використовувати тільки на польових хлібозаводах.

Для випічки використовують пресовані, сушені дріжджі або дріжджове молоко. Пресовані дріжджі надходять в упаковках масою 0,5 і 1,0 кг або не розфасовані в спеціальній тарі. Зберігаються дріжджі при температурі від 0 до 4° С в сухих провітрюваних складах. В цеху можна зберігати добовий запас даної сировини.

При замісі напівфабрикатів пресовані дріжджі вводять у вигляді дріжджової суспензії при співвідношенні дріжджів до води приблизно 1:3 – 1:4, використовуючи при цьому воду з температурою не вище 40°С.

Дріжджове молоко зберігається при температурі від 2°С до 15°С у спеціальних збірниках, які виготовлені з нержавіючої сталі та обладнані мішалками, давачами рівня й охолоджувачами.

Перед використанням дріжджове молоко розводять водою до консистенції, аналогічної тій, що встановлена для дріжджової суспензії при використанні пресованих дріжджів.

Технологічними нормами дозволяється готувати суспензію дріжджів для витрачання її протягом однієї зміни, проте перед запуском у

виробництво цю суспензію бажано пропустити через сталеве сито з розміром отворів не більше 2,5 мм.

Напівфабрикат рідких дріжджів можна охолоджувати або підігрівати в діжах чи заквасочних машинах, які обладнані пристроями-мішалками та ситами, здатними працювати як з холодною, так і з гарячою водою. Термін охолодження зазвичай складає 1–1,5 години, а підігріву – 30–40 хвилин. Сушені дріжджі повинні надходити та зберігатися в герметичній тарі (наприклад, паперових мішках із вкладеними в них поліетиленовими мішками), у сухих провітрюваних приміщеннях при температурі не вище 15°C, і перед їхнім безпосереднім використанням необхідно провести їхню активацію.

2.2.2 Заміс тіста

Приготування тіста на хлібопекарських підприємствах ведуть відповідно до технологічного плану чи за технологічною інструкцією і виробничою рецептурою, розробленими для кожного сорту хлібобулочних виробів.

Розхід сировини при випічці хлібобулочних виробів слід перевіряти по нормах, передбачених рецептурою і вказівками про взаємозамінність додаткової сировини. Фактична витрата сировини і напівфабрикатів при приготуванні тіста повинна відповідати нормам, передбаченим рецептурами, і вказівками до рецептур по взаємозамінності додаткової сировини, приведеними в Збірнику рецептур. Готове тісто повинне бути рівномірно перемішаним, без грудок і областей незамісу.

Для правильного дозування елементів суміші використовуються примислові ваги, дозатори МД-100 і МД-200.

Принцип дії дозатора подібний до дії звичайної ваги, тільки тут спочатку встановлюється необхідне значення, а потім подається борошно. Коли необхідна величина досягнута, контактний переривач розмикає електроколо і подавання борошна припиняється, а відміряна порція борошна

через заслонку поступає в діжу тістомішалки. Завантаження діж, корит, відсіків машин вище допустимої норми заборонене (допустима норма тіста на кожні 100 л геометричного об'єму: з 41 кг житнього борошна, з 38 кг просіяного борошна, з 37,5 кг пшеничного борошна 2-го сорту, з 35 кг пшеничного борошна 1-го гатунку, з 30 кг борошна вищого гатунку). Діжі з тістом (Т1-ХТ2Д) підвозять до тістомішалки ТММ-1И або А2-ХТ2-Б.

Норми використання пресованих дріжджів, розпушувачів, хімічних добавок можуть бути змінені в залежності від їхньої підйомної сили, якості борошна і технологічної схеми, прийнятої на виробництві. Обновлення заквасок і рідких дріжджів проводять в терміни, які забезпечують необхідні показники якості. Секції агрегатів чи діжі з тістом повинні надходити на розділення в порядку черги їх замішування згідно технологічному плану підприємства і графіку роботи виробництва. При звільненні ємностей від тіста, їхню внутрішню поверхню очищають від залишків тіста і змазують рослинною олією або жиром. Агрегати, їхні секції і діжі, що знаходяться в тістозмішувальному агрегаті, повинні бути пронумеровані.

Використання неякісних напівфабрикатів, які знижують якість продукту забороняється, а їхня переробка можлива тільки після відповідного аналізу лабораторії. Хлібобулочні вироби, що йдуть на переробку (брак, черствий хліб), можуть бути використані тільки разом з використанням борошна такого самого сорту. Допустимий розмір бракованого хліба наведено в таблиці 2.1.

Готовність напівфабрикату (опара, закваска, тісто) визначають по кислотності в кінці бродіння, а також по органолептичних якостях (зовнішній вигляд, аромат, смак).

Підготований брак (очищений від бруду та перепалу) замочується у воді та подрібнюється на машинах А2-ХПК та ХМ-53-М. Для приготування хлібної і сухарної крихти використовують машини молоткового або валкового типів (БДМ, АГ-25, ДДК). Готовий напівфабрикат пропускають через сита з розміром сітки 3-4 мм.

Таблиця 2.1 - Допустима величина додавання бракованого хлібу при виготовленні тіста, %

Вид виробу	Дозування до маси борошна		
	Замоченого хліба	Хлібної крихти	Сухарної крихти
Хліб з житнього борошна	10	5	3
Хліб з обдирного сіяного, житньо-пшеничного, пшеничного обойного борошна і хліб із суміші обдирного і сортового борошна	5	3	2
Хліб з пшеничного борошна II гатунку	2,5	3	2
Хліб з пшеничного борошна I гатунку	2	-	1,5
Хлібобулочні вироби з пшеничного борошна II гатунку	-	3,0	2,0
Хлібобулочні вироби з пшеничного борошна I гатунку	-	2,0	1,5
Хлібобулочні вироби з борошна вищого гатунку	-	1,5	1,0
Сухарні вироби з пшеничного борошна I та II гатунку	-	5,0	2,0
Сухарні вироби з пшеничного борошна вищого гатунку	-	3,0	1,5

Діжі з тістом повинні надходити на приготування тістозаготовок в порядку, в якому було приготоване тісто згідно технологічного плану підприємства. Після звільнення діж від тіста їхню внутрішню поверхню очищують від залишків тіста і змащують рослинною олією або рідким жиром.

2.2.3 Приготування тістозаготовок і укладання їх у форми

Розділення тіста на частини певної постійної маси, округлення, вкладання у форми або на листи проводять на спеціальних машинах, а при виході з ладу для виключення простою підприємства дозволяється ручна обробка. Частини тіста, отримані в процесі розділення повинні відповідати

масі виробу, регламентованій нормами. Маса частин тіста вибірково перевіряється, а у випадку відхилення від норми робота тісторозділювача повинна бути припинена і проводиться регулювання. При виготовленні формового хліба тістозаготовки від тісторозділювача А2-ХТН надходять безпосередньо в форми для розстойки та випічки. В бункер розділювача тісто попадає з діжі, яку піднімає і перекидає діжоперекидач А2-ХП2-Д. Частини тіста для виробів, що випікаються на подових листах (житній хліб, різноманітні батони і булки) проходять округлення на машинах ХТО і Т1-ХТН, і формовку заготовок на тістозакатувачах ХТЗ-1 і Т1-ХТ2-3. Допускається закатування та округлювання при відсутності або ремонті машин проводити вручну. При виготовленні подових виробів з пшеничного сортового борошна рекомендується після округлення перед формуванням проводити попереднє розстоювання.

Необхідно стежити за тим, щоб тісто в діжах та бункері тісторозділювача не перебувало занадто тривалий час, що можливе при аварійній ситуації. При тривалому розстоюванні тіста відбуваються процеси бродіння, що в результаті може призвести до погіршення смакових властивостей готової продукції або і до відбракування цілої партії виробів.

Для забезпечення сталості величини тістозаготовок необхідно постійно проводити контрольні заміри, особливо це важливо при запуску тістоділильної машини. Також необхідно періодично очищати робочі органи тісторозділювача та тістоокруглювача від залипання тіста.

При переході на виготовлення виробів з борошна інших сортів проводять зачистку люків тісторозділювальних і формувальних машин для уникнення випуску виробів з нерівномірною структурою та кольором м'якуша.

Транспортерні стрічки машин, призначених для розділювання, формування, розстойки тістозаготовок, рекомендовано для зниження витрати борошна для підсипання або і повного її виключення обробити емульсією на основі кремнієвоорганічної суміші 131-41. Для більшої

ефективності заготовки обдувають струменями повітря.

Обробку хлібопекарських форм проводять полімерним розчином на основі полідиметилсилоксана СКТН-А, що дозволяє протягом чотирьох-п'яти місяців випікати хліб всіх видів, не використовуючи рослинну олію для змащування форм і листів. Даний вид обробки форм проводять на спеціальних ділянках полімерної обробки за технологічними нормативами.

Форми і листи без полімерного покриття обов'язково очищують від нагару і рівномірно змащують рослинною олією перед виробництвом.

Деформовані і переповнені форми і листи використовувати забороняється. При зборці хлібопекарських форм в секції між ними залишають відстань 5мм для кращого прогрівання тіста під час випічки. Форми у випадку експлуатаційної необхідності піддають колеровці для полегшення вибивання з них готового хліба і забезпечення чистоти бокових граней.

Особливості, які стосуються окремих видів виробів, викладені в “Технологічній інструкції по виготовленню хлібобулочних виробів”.

2.2.4 Розстойка хлібобулочних виробів

Сформована тістозаготовка до початку процесу розстойки має суцільну непористу структуру. Саме тому для протікання процесу релаксації напруг, тобто для надання тістозаготовці пористої структури і бажаної форми майбутнього хлібобулочного виробу, проводиться процес розстойки.

Щоб цей процес відбувався швидко та без підсихання шкірки на поверхні заготовки, параметри повітря у шафі розстойки повинні відповідати чітко визначеним значенням температури та відносної вологості (які становлять 35°C – 45°C та 75% – 85% відповідно).

Під час розстойки одночасно відбуваються біохімічні, мікробіологічні, колоїдні та фізичні процеси.

При надходженні тістозаготовки в розстойні шафи на її поверхні конденсується волога й інтенсифікується процес теплопередачі від

пароповітряного середовища до заготовки.

Конденсація вологи припиняється по досягненні поверхнею тістозаготовки температури точки роси. Конденсація вологи запобігає утворенню тріщин при збільшенні об'єму тістозаготовки.

При розстойці, утворений вуглекислий газ затримується тістом, а це призводить до збільшення об'єму тістозаготовки і створенню пористої структури.

На релаксацію напруг впливають також ферментативні процеси. Зміна температури тістозаготовки і її структури приводить до зміни кінематичної в'язкості виготовлюваного продукту.

Попередню і завершальну розстойку проводять в спеціальних шафах Р-2-59 або на обладнаних вагонетках в камерах розстойки. Розстоювання тіста для подових виробів здійснюють на дерев'яних щитах, в кошиках чи колисках з кишнями; вироби, що випікаються на листах чи в формах розстоюються безпосередньо на цих же листах чи в формах. Для уникнення прилипання щити та листи покривають спеціальними полотнами або посипають борошном чи хлібною крихтою.

2.2.5 Випікання хлібобулочних виробів

Для випікання хлібопродуктів використовується піч ФТЛ-2-66 каналного обігріву, яка може житися як газоподібним паливом, так і твердим чи рідким.

Посадку сформованих тістозаготовок в піч проводять тільки після повної розстойки. Для визначення кількості тістових заготовок на колисці чи поді потрібно керуватися нормами розкладки виробів, вказаними в інструкції по визначенню потужності печей.

Тривалість випікання кожного сорту виробів встановлюють у відповідності з технологічними інструкціями на сорт з врахуванням місцевих умов (вид палива, тривалість роботи печі і т. д.).

Для забезпечення глянцевої поверхні у деяких видів продукції

проводять парозволоження пекарської камери. Допустиме зволоження заготовок мілкорозпилим струменем води до посадки в піч і рекомендується обприскування перед вийманням з печі. Вироби, в яких передбачено змащування поверхні яйцями, випікаються без пари.

Розміщення тістозаготовок на поду печі або на листах проводять з таким розрахунком, щоб не було притискань (злипання) як бокових, так і торцевих поверхонь, за виключенням тих випадків, коли притискання передбачене рецептурою або не заборонене ДСТУ.

Встановлений режим випічки (розкладка, температура, термін випічки) повинен забезпечити хороше пропікання виробів і отримання характерного для даного типу хліба чи батонів кольору поверхонь. Піч обов'язково повинна бути обладнана термометром або термопарою, за якими ведеться постійний нагляд.

У випадку використання конвеєрної печі з перервним ходом, повинне бути встановлене реле часу, а при використанні печі з неперервним ходом конвеєра – вказівники часу випікання поточної партії виробів.

2.2.6 Складування та відбраковка готових виробів

Після випічки хліб складають на вагонетки, стелажі або в контейнери. Вибивка з форм відбувається автоматично, а на невеликих підприємствах – вручну на столах, оббитих гумовим полотном. Лотки (оборотну тару) необхідно мити в окремому приміщенні. Дозволяється в лотки стелити папір, дозволений для харчового виробництва. Не можна використовувати зламані лотки, щоб не деформувати продукцію. Для того, щоб вироби не зминались, їх укладання відбувається по передбачених стандартах.

Максимальні терміни витримки хлібобулочних виробів в експедиції підприємства, терміни реалізації чи придатності хлібобулочних виробів визначаються нормативними документами.

В завершальній стадії виготовлення обов'язково здійснюється вибірковий контроль по органолептичних параметрах і масі контролерами.

Оцінку готових виробів ведуть по діючих стандартах у відділі технологічного контролю або у виробничій лабораторії. Сортивання, органолептичну оцінку і облік виробленої продукції здійснюють перед відправленням у експедицію чи замовнику.

Відбракування здійснюють у відповідності з “Правилами відбракування і випуску готової продукції на підприємствах хлібопекарської промисловості”.

Найбільш поширені зовнішні дефекти хліба: занижений об'єм; тріщини; бульбашки та плями на поверхні; відсутність глянцю на скоринці; занадто блідий або темний її колір; випукла чи вгнута верхня скоринка; бокові вм'ятини і розпливчастість (у подових виробів); неправильна форма хліба (результат неправильного формування); бліда бокова скоринка з вм'ятинами у подового хліба від від недотримання відстані між заготовками при випічці; шароподібна форма з боковими підривами подового хліба через недостатню розстойку; підгоріла скоринка при непропеченій м'якушці; тріщини на поверхні хліба.

Для м'якушки хліба характерні такі дефекти:

- непроміс (у хлібі трапляються грудочки непромішаного борошна, сухого тіста, кристали нерозчиненої солі. Причина непромісу - недостатня тривалість або ретельність замішування);
- закал (ущільнена безпориста волога частина м'якушки, розміщена, як правило, під скоринкою, зумовлена недостатньою розпученістю слабого за консистенцією тіста, або від недосидь нагрітого поду печі);
- наявність сторонніх вкраплень (спричинене замісом на не просіяному борошні тіста або, якщо під час приготування опари й замішування тіста додають непроціджені дріжджі, сіль, цукор та інші компоненти);
- липкість (причиною непропеченої м'якушки є борошно з підвищеним вмістом водорозчинних речовин, змелене з пророслого зерна, або

недостатня тривалість випікання і лишки води в тісті);

- хліб зменшеного об'єму (щільна, малорозпушена, недосить еластична м'якушка, подовий хліб має розпливчасту форму, верхня скоринка іноді покрита дрібними неглибокими тріщинами. Такий хліб одержують з борошна та зерна, ураженого клопом-черепашкою);

- розриви, порожнини, відшарування м'якушки.

Дефекти смаку й запаху:

- гіркий присмак (найчастіше це результат того, що хліб спечений з неякісного борошна й домішок полину, прогірклий жир також надає буханцям гіркого присмаку);

- пересолений хліб (м'якушка і пористість такого хліба грубі, це ознака порушення рецептури дозування солі);

- прісний хліб (тонка підгоріла скоринка, вкрита бульбашками, а пористість недорозвинена, дефект є результатом невивродженого, молодого тіста);

- затхлий запах (результат зіпсованого борошна);

- хрустіння на зубах при розжовуванні (вміст мінеральних домішок, таких як пісок);

- підвищена кислотність, утворена внаслідок занадто тривалого бродіння опари і тіста.

Дефекти хлібобулочних виробів можуть бути зумовлені неякісним борошном, порушеннями технології, неправильним зберіганням і транспортуванням готових виробів.

Зберігання готової продукції до випуску в торгову мережу здійснюють у хлібосховищах підприємства. Зберігання хліба навалом забороняється.

В хлібосховищах для поглинання надлишку вологи узимку і надлишку тепла влітку передбачають приточно-витяжну вентиляцію з розрахунку триразового обміну повітря протягом однієї години. Хлібосховище повинне бути чистим, у ньому не можна зберігати інші

продукти чи матеріали.

Упаковка хлібобулочних виробів здійснюється поштучно чи у вигляді групового упакування на пакувальних машинах або вручну. Упаковку хлібобулочних виробів, а також вибір пакувального матеріалу проводять відповідно до нормативних документів.

2.2.7 Методи контролю параметрів технологічного процесу випікання хліба

Контролювання параметрів процесу випікання хліба полягає у перевірці цих параметрів, а також відповідності характеристик сировини і напівфабрикатів, хвилинний розхід основної і додаткової сировини (при неперервному виробництві), а також контроль технологічних режимів кислотності, температури та термінів бродіння, маси частин тіста, періоду та режиму розстойки і випікання хліба, кількісні показники лінії виробництва.

Контроль якісних показників технологічного процесу здійснюється виробничою лабораторією вибірково у відповідності з “Положеннями про виробничі лабораторії”.

Контроль стану дозувального обладнання, профілактичні перевірки його роботи і регулювання періодично здійснюється технічним персоналом підприємства по спеціально розробленому графіку, розробленому головним інженером з врахуванням зношення і фактичного стану обладнання.

Необхідною є періодична перевірка всіх електричних пристроїв та вчасне втручання для виключення можливості поломок і простою всієї виробничої лінії.

Всі термометри, вимірювачі вологості й інших параметрів повинні проходити періодичну повірку. За їхньою справністю повинен слідкувати черговий технолог. Справність термометрів дистанційного вимірювання в автоматах неперервної дії повинна забезпечуватись електриком. Точність їхньої роботи перевіряється технологами.

У випадку надходження партії борошна, змеленого при використанні

некондиційного зерна, по тимчасово діючих нормах якості підприємство при необхідності має право знижувати вологість хлібобулочних виробів у встановлених державними нормами розмірах, а отже і вологість тіста проти вказаних в технологічних нормах. Основою для використання дозволеного зниження вологості тіста і хліба є показники якості борошна за посвідченням якості, вказівки по використанню в помольній суміші зерна з клейковиною III групи якості або підвищена кількість (більше 3%) пророщеного зерна, а також дані, отримані виробничою лабораторією.

У випадку відсутності вказання в посвідченні якості проценту домішок неконденційного зерна вище норми стандартів і виявленні при цьому лабораторією хлібопекарного підприємства відхилень в якості борошна в межах встановлених часових норм якості, можливість використання допустимих відхилень у виході хліба встановлюється комісією, якою керує директор або головний інженер підприємства. При цьому враховуються дані аналізу борошна, проведеного лабораторією підприємства (вміст клейковини і її якість, кількість водорозчинних речовин, дані пробної лабораторної випічки).

Необхідний розмір зниження вологості тіста і виходу хліба встановлюють проведенням пробної виробничої випічки одного з основних по розмірах випуску сортів виробів з отриманого некондиційного борошна зі складанням протоколу, затвердженого директором підприємства. Дані протоколу використовують для коректування норм виготовлення хліба всіх сортів з даного сорту борошна при переробці цієї партії.

3 Конструкторська частина

3.1 Аналіз технічного завдання для проєктування автоматизованої системи виготовлення заготовок хліба

Аналіз поточного стану автоматизованого виробництва на підприємстві та базового варіанту виробничої системи вказує на низький рівень автоматизації технологічних процесів, особливо у виробництві подового хліба.

Висока завантаженість людських ресурсів призводить до зменшення продуктивності виробництва та одночасного збільшення його трудомісткості. Окрім того, це вимагає посиленої уваги, особливо з боку операторів пультів керування машинами.

Однією з проблем виробництва подового хліба є відсутність контролю операції формування тістозаготовок. Вирішення даної проблеми призведе до покращення якості готової продукції, можливості контролювання якісних параметрів тіста та збільшення гнучкості виробничої системи. Також це підвищить ступінь автоматизації системи, що дозволить створити в майбутньому систему, в якій практично не будуть задіяні людські ресурси.

Отже завданням даного проєкту є розроблення автоматизованої системи виготовлення подового хліба на базі вже існуючої. Автоматизація процесу формоутворення заготовок хліба полягає у запровадженні автоматизованої системи контролю параметрів сировини, що надходить в бункер тісторозділювача, а також формування вихідних сигналів для повідомлення про перевищення допустимих значень контрольованих величин та запуску відповідного конвеєра для відбракування заготовок, які не задовільняють вимоги і стандарти.

Така інновація забезпечить підвищення якості виготовлюваної

продукції, збільшити продуктивність лінії, а також забезпечить можливість підприємства задовільняти зростаючий попит на якісну продукцію. Для комплексно-автоматизованої лінії виробництва даний пристрій міг би бути використаний на інших стадіях виробництва, наприклад замісу та розстойки.

3.2 Аналіз вибору стандартного обладнання та компоновування атоматизованої системи

3.2.1 Обладнання для підготовки сировини

Вертикальний просіювач призначений для просівання борошна з метою відділення сторонніх домішок. Відповідно до рис. 3.1, конструкція просіювача включає завантажувальний бункер 11 з кришкою та запобіжними ґратами, вертикальний шнек 8, центрифуговий лопастевий просіювач 5, магнітний уловлювач домішок 7 та приводний механізм 1 з індивідуальним електродвигуном 9.

У завантажувальному бункері 11 встановлено дві спіральні лопаті 12, які під час обертання забезпечують безперервну подачу борошна до вертикального шнека 8. У середині вузла змонтовано нерухоме циліндричне сито 6 з круглими отворами, призначене для затримання крупних сторонніх часток, а також зовнішнє нерухоме сито 3, що виконує відсіювання дрібніших домішок. У проміжку між ситами 3 і 6 розташовані вертикальні лопаті центрифуги-просіювача 5, закріплені на конусі 2, який встановлений на валу шнека 8; крім того, ці лопаті оснащені похилими лопатками 4.

Борошно подається у бункер 11, після чого за допомогою живильника та шнека 8 транспортується в просіювальну головку, де здійснюється двоступеневе просіювання. На першому етапі продукт проходить через внутрішнє сито 6, а на другому – підхоплюється лопатями центрифуги 5 і під дією відцентрових сил відкидається на зовнішнє сито 3, через яке додатково просіюється. Великі домішки, що залишаються всередині сита 6,

переміщуються шнеком на поверхню конуса 2, звідки під дією відцентрової сили виводяться через спеціальний отвір у стінці до збірника відходів 10.

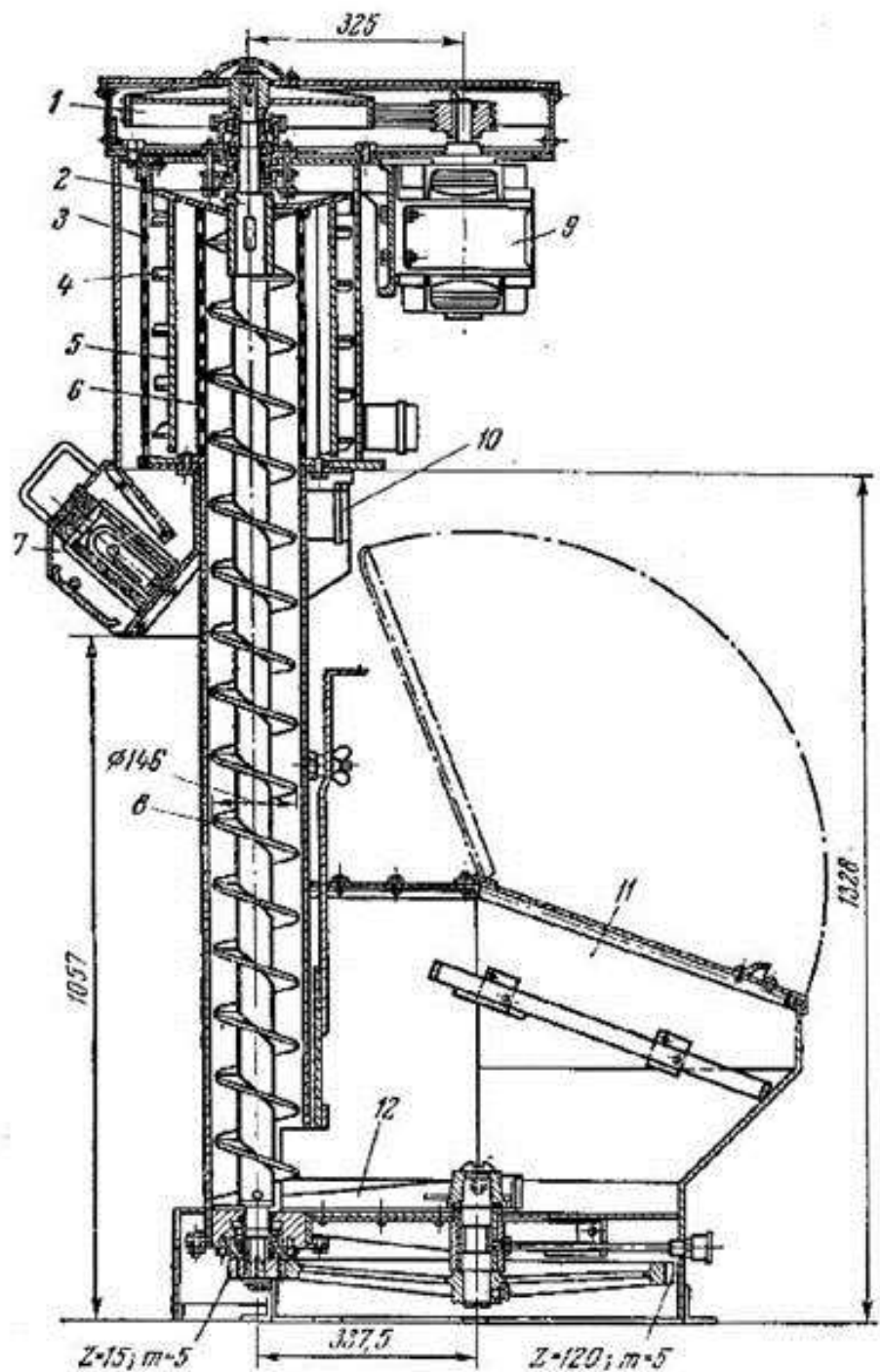


Рисунок 3.1 - Вертикальний просіювач

Домішки, що затримуються зовнішнім ситом 3, підіймаються вгору за допомогою похилих лопаток 4 і також викидаються у збірник 10. Для уловлювання феромагнітних домішок у конструкції передбачено магнітний уловлювач 7.

Для забезпечення безпеки роботи в конструкції просіювача також вбудовано автоматичне електроблокування, яке вимикає електродвигун і машину у разі зняття запобіжних ґрат або зовнішнього сита.

3.2.2 Обладнання для замісу тіста

Машина тістозмішувальна А2-ХТ2-Б.

Тістомісильна машина марки А2-ХТ2-Б (рис. 3.2) забезпечує порційне замішування тіста з пшеничного чи житнього борошна, при цьому вологість готового тіста повинна становити не менше 35%. Заміс відбувається у нерухомих діжках марки Т1-ХТ2-Д, об'ємом 330 л.

Тістомісильна машина застосовується в хлібопекарській і кондитерській промисловості.

Технічна характеристика тістомісильної машини А2-ХТ2-Б.

Продуктивність технічна кг/год,	870
Час замішування порції тіста, хв.	10
Вологість тіста, %:	
найбільша	54
найменша	35
Місткість діжі геометрична, л	330
Потужність електродвигуна місильного органу, кВт	4,0

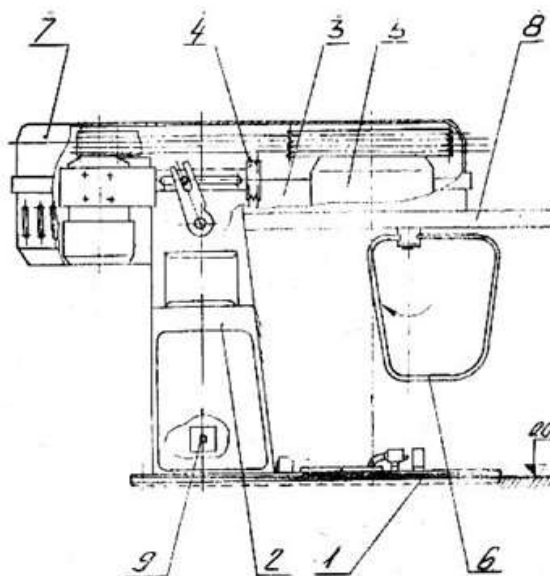


Рисунок 3.2 - Загальний вигляд тістомісильної машини марки А2-ХТ2-Б:
1-плита фундаментна; 2-станина; 3-траверса; 4-привод повороту траверси; 5-привод місильного органа; 6-місильний орган; 7-огородження; 8-кришка; 9-електроустаткування.

Конструкція тістомісильної машини складається з фундаментної плити 1, станини 2, траверси 3, на якій розміщені приводи її повороту та приводу місильного органа 5, самого місильного органа 6, огорожувальних елементів 7, кришки 8 та електрообладнання 9, вмонтованого в корпус станини. Фундаментна плита жорстко кріпиться до основи будівлі та оснащена напрямними та упорами, що призначені для правильного встановлення та позиціонування підкатної діжі в робочому положенні. Станина 2 закріплюється на плиті та містить усередині блок електроустаткування, а також має нерухому вісь із підшипниками, на якій встановлюється траверса і розміщуються упори механізму її повороту. Траверса 3 шарнірно закріплена на цій осі й може повертатися відносно станини на кут до 60° .

На траверсі розміщено механізм її повороту та привод місильного органа 5. У склад механізму повороту входять електродвигун, клинопасова передача й гвинтова пара. Корпус гайки гвинтової пари обладнаний двома осями із сухарями, які взаємодіють з упорами. Обертальний рух від

електродвигуна через клинопасову передачу подається на гвинт, а переміщення гайки по гвинту перетворюється на коливальний рух траверси.

Привод місильного органа включає електродвигун, клинопасову передачу та редуктор із двома планетарними ступенями, що передають обертання безпосередньо на місильний орган.

Місильний орган 6 закріплюється на циліндричному хвостовику вихідного вала редуктора за допомогою шпонки та стопорного болта. Під час роботи він здійснює планетарний рух — одночасно обертається навколо своєї осі й рухається по орбіті навколо осі діжі, що забезпечує інтенсивне перемішування тіста.

Робочий цикл тістомісильної машини відбувається так: підкатну діжу встановлюють на фундаментну плиту до упора, після чого спрацьовує кінцевий вимикач її фіксації. Натискання кнопки «Вниз» вмикає електродвигун механізму повороту траверси, яка опускається у робоче положення. Одночасно кришка 8 накриває діжу, відбувається ущільнення, а місильний орган входить всередину; діжу додатково фіксується. Завантаження борошна та інших інгредієнтів проводять через отвори в кришці згідно з рецептурою.

Після натискання кнопки «Пуск» запускається електродвигун привода місильного органа, який починає заміс, виконуючи планетарний рух. Після завершення часу, встановленого реле, електродвигун автоматично вимикається, місильний орган зупиняється, а механізм підйому траверси знову вмикається. Траверса піднімається у верхнє крайнє положення, місильний орган виходить із діжі, а її фіксація вимикається. Потім діжу викочують із фундаментної плити, і машина переходить у стан готовності до наступного робочого циклу.

3.2.3 Обладнання для формування тістозаготовок

Тісторозділювальна машина А2-ХТН

Тісторозділювач з транспортером А2-ХТН (рис. 3.3) призначений для

розділення тіста з пшеничного і житнього борошна на частини масою 0,2-1,2 кг, укладки тістозаготовок на листи або в форми, які синхронно подаються під ділильну головку транспортером тісторозділювача.

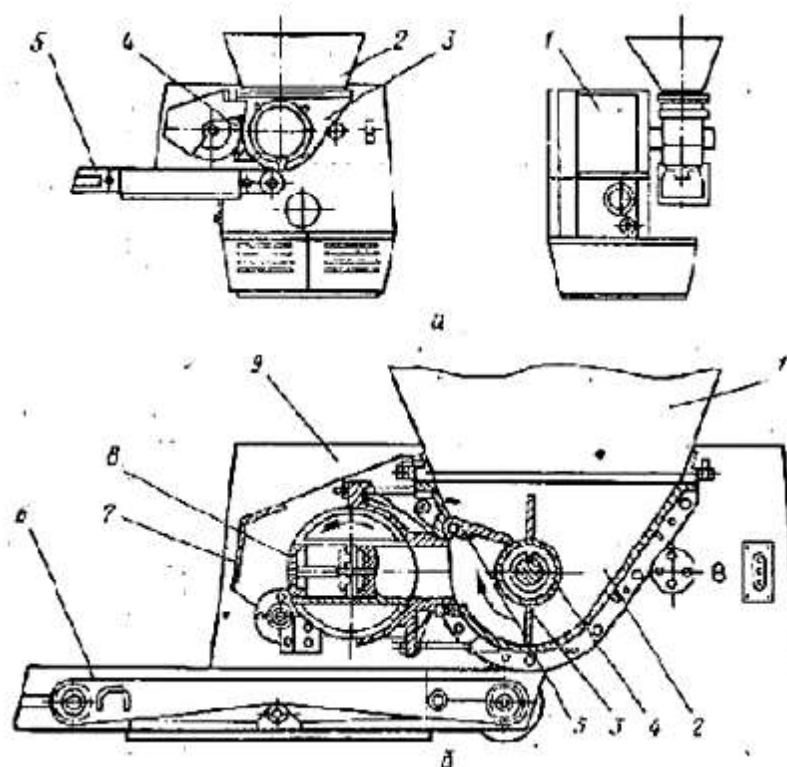


Рисунок 3.3 - Тісторозділювач А2-ХТН:

а – загальна компоновка машини:

1-станина з приводом, 2-приймний бункер, 3-тістова камера, 4-ділильна головка, 5-транспортер;

б – пристрій нагнітання (розріз по тістовій камері та ділильній головці):

1-бункер, 2-тістова камера, 3-лопаті, 4-вал лопаті, 5-заслонка, 6-транспортер, 7-щиток огороження, 8-ділильна головка, 9-станина з приводом.

Технічна характеристика тісторозділювача А2-ХТН:

Тип нагнітання тіста	лопатевий
Продуктивність, штук/хв	8..60
Маса тістозаготовки, кг	0,2..1,2
Точність ділення, %	$\pm 2,0$

Електродвигун

потужність, кВт	3
частота обертання, об/хв	1435

Тісторозділювач А2-ХТН розроблений в Україні. Основними його перевагами є відсутність протікання тіста, значно вища точність процесу ділення, стабільність встановленої маси та компактність самої машини.

Основними вузлами машини є основа з приводом, станина, тістова камера, бункер, ділильна головка, транспортер і пульт керування.

Основа являє собою зварний каркас, на якому змонтовані електродвигун, циліндричний редуктор з варіатором на швидкохідному валу і розподільна коробка. Ведучий шків, закріплений на валу електродвигуна, зв'язаний з веденим шківом-варіатором пасом. На вихідному валу редуктора встановлена шестерня, що приводить в рух вали станини.

Станина встановлюється в верхній площині основи, в ній розміщені механізми, необхідні для передачі руху на вал лопатей і ділильної головки, а також привід заслонки, пристрій повороту заслонки і механізм дроселювання. Привід заслонки складається з із закріпленого на головному валу кривошипа з пальцем. Корпус шатуна шарнірно зв'язаний з пальцем кривошипа.

Привід вала ділильної головки здійснюється зубчатою передачею від вала лопатей.

Привід транспортера здійснюється через зубчасту пару, привід скидача – через зубчасті передачі від вала ділильного барабана. Механізм дроселювання через пристрій повороту заслонки передає коливальні рухи на вал заслонки в тістовій камері.

До корпусу тістової камери прилягає козирок, який охоплює ділильну головку. Ущільнювачем між поверхнями спряження тістокамери і козирка є гумовий шнур. Зазор між циліндричними поверхнями козирка і ділильної головки регулюється гайками.

До верхнього пояса тістової камери кріпиться прийомний бункер. Всередині тістокамери знаходиться лопать, яка неперервно здійснює оберткові рухи, і коливальна заслонка. До боковини на кронштейні кріпиться ніж, призначений для відділення заготовок з ділильної головки.

Ділильна головка неперервно обертається і періодично з'єднується з тістокамерою спільним каналом. Циліндричний корпус головки із запресованою в нього гільзою кріпиться до фланця вала шпильками. Всередині гільзи знаходиться плаваючий мірний поршень, що складається з двох головок, з'єднаних між собою різьбовою втулкою і гвинтами з лівою і правою різьбами. Направляючі стержні утримують головки поршня від повороту.

Стрічковий транспортер кріпиться консольно і має можливість змінювати кут нахилу в межах $15..20^0$. Стрічка транспортера покрита антиадгезійною сумішшю.

Розділення тіста відбувається по об'ємному принципу з підтриманням його сталої густини.

Робочий процес відбувається наступним чином: тістова маса з бункера подається до тістокамери, де її захоплює робоча лопать ротора. Заслінка виконує зворотньо-поступальні рухи, які узгоджені з роботою лопаті та ділильної головки. Під час ущільнення тіста в проміжку між лопаттю та заслінкою газіві вклучення, що містяться в масі, витісняються назад у бункер.

Коли заслінка знаходиться в нижньому крайньому положенні, тісто під дією лопаті заповнює мірну порожнину ділильної головки, яка в цей момент з'єднана з робочою камерою. Стабільний тиск у зоні нагнітання підтримується за допомогою пружини дроселюючого механізму. Надлишкова кількість тіста відводиться назад у бункер через проміжок між лопаттю та заслінкою в момент її підйому.

Під час наступного робочого циклу поршень виштовхує раніше відміряну порцію тіста, яка відрізається ножом від ділильної головки та за

допомогою виштовхувача спрямовується на стрічку транспортера. Регулювання маси тістових заготовок здійснюється шляхом зміни об'єму мірної камери ділильної головки.

Електрообладнання пристрою забезпечує керування приводом, захист від перевантажень і коротких замикань, контроль максимальних рівнів тіста в завантажувальному бункері. Все електрообладнання, крім давачів рівня і пристрою контролю рівня, встановлене в шафі керування. Передбачене блокування електроприводу, при відкритих щитках, що закривають рухомі елементи машини.

Пристрій контролю рівня разом з давачами може забезпечити автоматичне двопозиційне регулювання рівня тіста в бункері машини. Межі регулювання рівнів тіста визначаються встановленням електродів (давачів) верхнього і нижнього рівнів.

Якщо рівень тіста опускається нижче електрода нижнього рівня, включається реле і відбувається заповнення новою порцією тіста. При заповненні бункера вище електрода верхнього рівня реле виключається, в результаті, подавання тіста до бункера зупиняється до наступного сигналу від електрода нижнього рівня.

Діжеперекидач одногвинтовий марки А2-ХП2-Д (рис. 3.4).

Діжеперекидачі використовують для перекидання діж з тістом ємністю 330 л у проміжні бункери.

Технічні характеристики діжеперекидачів одногвинтових марки А2-ХП2-Д1 і А2-ХП2-Д2:

Вантажопідйомність кН (кг), не більше	5 (510)	
Висота підйомника (проміжок від основи до нижнього краю діжі) мм,	410	1900
Найвища позиція на діжі (при перекиданні), мм	1720	3200
Час перекидання, с	15±5	45±5
Час опускання, с	15±5	45±5

Кут повороту діжі при перекиданні, гр.

110±5

Встановлена потужність електродвигуна кВт,

1,5

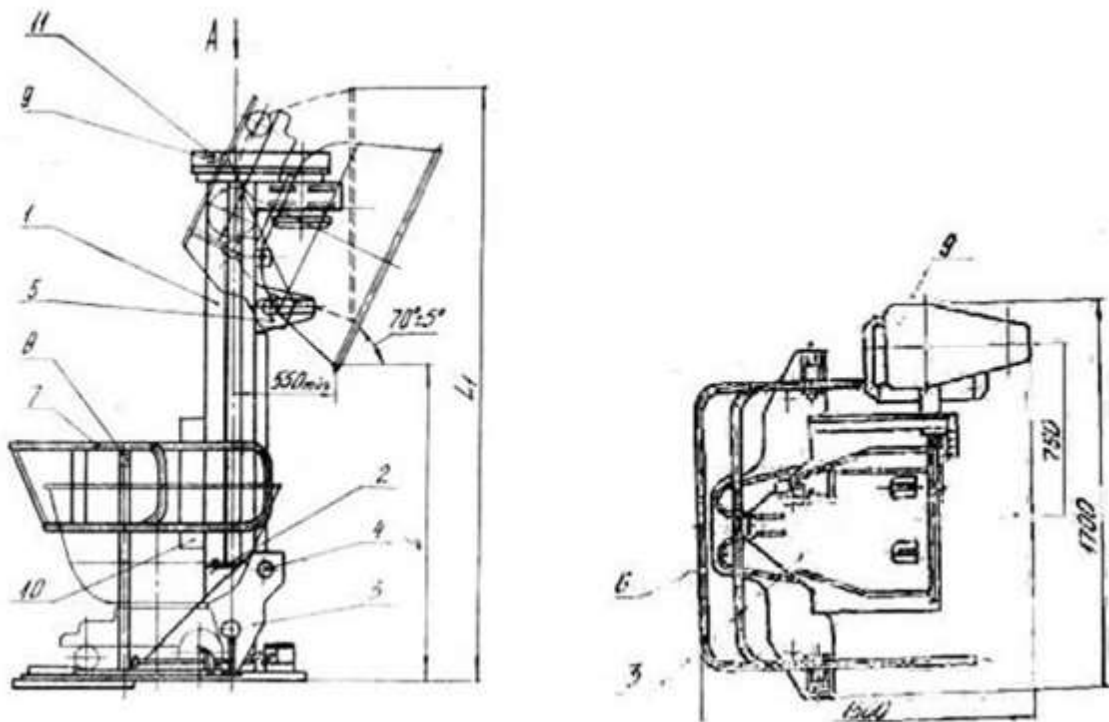


Рисунок 3.4 - Діжеперекидач А2-ХЛ2Д

Діжеперекидач конструктивно виконаний на основі колони 1 коробчастого перерізу, по якій на роликах переміщується каретка 2. До каретки за допомогою шарнірного з'єднання приєднана площадка 3. На площадці встановлено ролик 4, який опирається на зовнішню полицю колони. Завдяки цьому площадка зберігає горизонтальне положення й може обертатися відносно осі через кронштейн 5. У верхній частині колони змонтовано електродвигун разом із клинопасовою передачею, що забезпечує обертання піднімального гвинта, розміщеного всередині колони та встановленого на підшипниках кочення.

Піднімальна гайка знаходиться в каретці й встановлена на сферичних опорах; два установчі гвинти не дають їй обертатися. Під нею розташована блокувальна гайка, осьовий гвинт з циліндричним кінцем входить у паз цієї гайки та фіксує її від провертання, що забезпечує правильне

функціонування механізму.

Якщо трапляється аварійна ситуація й різьба піднімальної гайки руйнується, навантаження миттєво переходить на блокувальну гайку: кінець гвинта виходить із паза, і блокувальна гайка починає обертатися разом із гвинтом, що не дає площадці впасти разом із діжею. Коли гвинт обертається у зворотному напрямку, блокувальна гайка стопориться собачкою й забезпечує плавне опускання площадки. Для полегшення накочування діжі передбачено плиту 6 з напрямними під колеса та ролик діжі. Робочий простір обладнано огороженням 7 з труб, встановленим на плиті та здатним обертатися на шарнірах, які закріплені на трубчастих стійках 8. Блок 10 кріпиться безпосередньо на колоні, а клинопасова передача закрита щитком 9.

Огороження має електроблокування, яке не дозволяє запускати привод, доки воно відкрите. Додаткове електроблокування встановлене на самій площадці – підйом неможливий, якщо фіксатор діжі не замкнувся. На колоні змонтовано два кінцевих вимикачі, що вимикають привод, коли каретка доходить до верхнього або нижнього положення. Процес роботи відбувається так: спочатку відкривають огороження й на площадку закріплюють діжу з тістом; під час цього спрацьовує пружинний замок, який автоматично фіксує діжу. Палець діжі, заходячи в отвір блокстойки, натискає на систему важелів, що впливають на кінцевий вимикач фіксації – його контакти замикаються. Якщо ж діжа потрапила неправильно й фіксатор не зачинився, контакти вимикача залишаються розімкненими, тому підйом платформи стає неможливим.

Після закриття огороження, відбувається замикання контактів кінцевого вимикача блокування огороження, і натисканням на кнопку «Вгору» вмикається привод.

Каретка з площадкою починає підніматися, а коли ролик площадки потрапляє в паз кронштейна, площадка з діжею перекидається на кут 110° . При цьому упор, закріплений на каретці, досягаючи крайнього верхнього

положення, натискає на ролик верхнього кінцевого вимикача зупинки площадки, і привод зупиняється.

Після опорожнення діжі, привод знову вмикають натисканням на кнопку «Вниз», і каретка починає опускатися. Ролик площадки в пазу кронштейна здійснює човниковий рух, площадка повертається у горизонтальне положення і потім опускається.

У крайньому нижньому положенні упор на каретці натискає на ролик нижнього кінцевого вимикача зупинки площадки, привод зупиняється, а упор на площадці одночасно натискає на ролик кінцевого вимикача блокування фіксації діжі і розмикає його нормально замкнуті контакти, чим страхує роботу кінцевого вимикача зупинки в нижньому положенні. Для викочування діжі підіймають огороження, натискають ногою на педаль і, натискаючи пружинний фіксатор, викочують діжу, після чого цикл повторюється.

Кнопка «Стоп» призначена для зупинки привода діжеперекидача в будь-якому положенні площадки; після цього подальший підйом кнопкою «Вгору» стає неможливим, оскільки нормально розімкнуті контакти кінцевика блокування фіксації діжі при піднятій площадці розімкнуті, а блок-контакти магнітного пускача, що їх шунтують, розмикаються при зупинці.

Безпека машини в період перевантаження (якщо не спрацював кінцевий вимикач зупинки) додатково забезпечується за допомогою зрізуючого елемента на шківі 11 піднімального гвинта.

Тістоокруглювальна машина Т1-ХТН.

Технічна характеристика тістоокруглюючої машини Т1-ХТН:

Продуктивність, шт/хв.	до 63
Маса частин тіста, кг	0,22-1,2
Потужність електродвигуна, кВт	1,1
Частота обертання вала, об/хв.	1000

Тістоокруглювач Т1-ХТН з малою чашею призначений для надання заготовкам тіста круглої форми. Машина складається з станини, електроприводу, нерухомої та рухомої з направляючими конусоподібних чаш.

Заготовки тіста, потрапляючи в округлювач на нижню частину нерухомої спіралі, притискаються до неї рухомою конічною чашею. До поверхні чаші гвинтоподібно приварені направляючі, по яких в процесі надання форми рухаються тістозаготовки. Рух чаші надає заготовці круглої форми.

3.2.4 Обладнання для розстоювання тістозаготовок та випікання хліба

Розстойно-пічний агрегат Р-2-59м.

Дана машина є комплексним поєднанням стадій розстойки та випікання хліба різних сортів із борошна всіх видів і гатунків.

Розстойно-пічний агрегат призначений для кінцевого розстоювання та випікання формованих видів хліба. Він забезпечує автоматичне завантаження тістових заготовок у форми, автоматично розвантажує випечений хліб з форм і автоматизовано подає його на експедицію.

Агрегат Р-2-59м (рис. 3.5) складається з шафи розстойки і печі, зв'язаних між собою сполучною камерою і загальним колисковим конвеєром. Вивантаження випеченого хліба здійснюється автоматизовано, з використанням механізму перекидання і подається на експедицію з використанням конвеєра.

За основу модуля випікання прийнята піч ФТЛ-2 з 24 колисками. Змінені конструкції переднього щита, приводного механізму і частково конфігурація конвеєра в передній частині печі. Для зміни співвідношення тривалості розстойки і тривалості випічки конвеєр шафи в камері розстойки має регулювальну каретку.

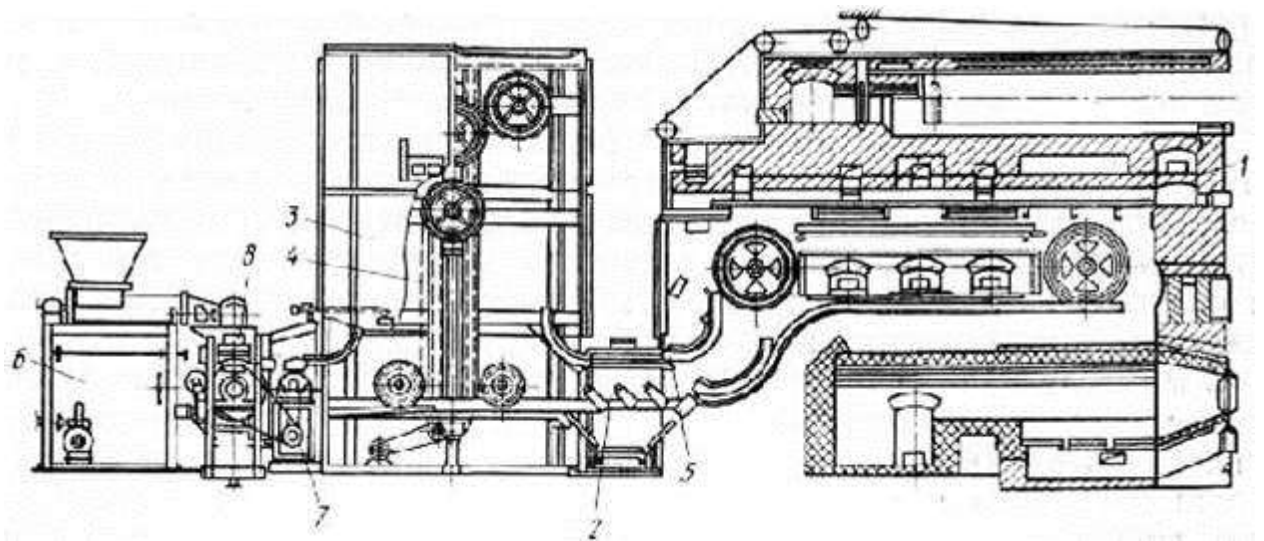


Рисунок 3.5 - Розстойно-пічний агрегат Р-2-59м:

1-піч ФТЛ-2; 2-сполучна камера; 3-шафа розстойки; 4-ланцюговий колісковий конвеєр; 5-напрямні конвеєра; 6-тістоділильник; 7-привод; 8-посадчик заготовок у форми.

Колиска має висоту підвішування 95 мм. Підвішується вона за допомогою пальців в шарнірах ланцюгів із кроком через дві ланки. Колиска складається з чотирьох секцій, кожна з яких складається зі склепаних між собою чотирьох хлібопекарських форм. Для випадку випікання подового хліба додатково використовується вкладальник заготовок. Вкладальник тістозаготовок складається з живильника, нагромаджувача заготовок, привода нагромаджувача, підйомної системи, що повертає лопатки живильника у вихідне положення після закінчення робочого циклу, і скліза, що призначений для направлення тістозаготовок.

Живильник – крильчатий розподільник потоків у вигляді піраміди, сторони якої складаються із шарнірно закріплених лопаток з вантажами. На вершині піраміди встановлений маятниковий розподільник заготовок на два потоки. Після проходження восьми заготовок всі лопатки виявляються поверненими. У вихідне положення вони повертаються підйомною передачею, що приводиться в рух коліскою, що переміщається. Після вкладання восьми тістозаготовок на нагромаджувач включається привод

нагромаджувача і заготовки по склізі скочуються в кишені колиски.

При тривалості розстойки більш 40 хв. вкладальник може працювати з відключеним нагромаджувачем тістозаготовок. В цьому випадку нагромаджувач встановлюється в похилому положенні, і заготовки з живильника скочуються по склізі прямо в кишені колиски. Тістозаготовки подаються в укладальник по похилому конвеєру, на якому розташований бункер з борошном для посипання тістозаготовок на конвеєрі. До зовнішньої сторони підвісок приварені копіри, взаємодіючі з механізмами перекидання під час руху колиски при вивантаженні хліба з форм.

Привод конвеєра розстойно-пічного агрегата здійснюється від електродвигуна через пасову передачу, планетарний редуктор і ланцюгову передачу. На випадок раптового припинення подачі електроенергії передбачений ручний привод, гніздо рукоятки якого надівається на квадрат валика планетарного редуктора. В конструкції привода на приводному валу передбачена запобіжна муфта, яка має штифти, що зрізуються при перевантаженнях. Рух конвеєра рівномірно-перервний.

Для зволоження середовища камери розстойки встановлений парозволожувач, а для регулювання вологості середовища і випуску гарячого повітря, що виходить з печі, зверху в сполучній камері розташовані два розсувних шибери. У верхній частині розстойної шафи на дверках змонтовані вимірювальні прилади температури і вологості.

Агрегат може працювати в автоматичному і ручному режимах. Керування електродвигунами транспортера і регулювальної каретки здійснюється кнопками, розташованими на щиті керування.

Для обмеження ходу регулювальної каретки в крайніх верхньому і нижньому її положеннях встановлені кінцеві вимикачі.

В розстойно-пічному агрегаті здійснюється плавна зміна тривалості розстойки на ходу при випічці пшеничного хліба і дискретна зміна тривалості розстойки при випічці житнього хліба.

3.3 Вибір та проєктування нестандартного обладнання автоматизованої системи

З нестандартного обладнання у виробничій системі використовується контрольно-вимірювальний пристрій, призначений для встановлення постійного контролю над основними параметрами тісторозділювальної машини та формування необхідних сигналів, що можуть як сигналізувати про перевищення допустимих меж параметрів, так і спричиняти спрацювання електромагніта, який приведе в дію заслонку на конвеєрі для направлення відбракованих тістозаготовок на повторну переробку.

Основними вимогами до даного функціонального блоку є:

- висока точність роботи пристрою;
- формування вихідного сигналу необхідного рівня;
- здатність до переналагодження і перепрограмування;
- можливість використання отриманих даних для побудови графічних характеристик;
- простота в експлуатації.

3.4 Вибір, розрахунок та опис електричних принципових схем нестандартного обладнання

3.4.1 Вибір контролера

Основною метою є вибір найменш дорогого мікроконтролера (щоб знизити загальну вартість системи), але в той же час мікроконтролер повинен задовольняти специфікацію системи, тобто вимоги по продуктивності, надійності, умовам застосування та інші.

Основні критерії вибору мікроконтролера представлені нижче в порядку зменшення значущості: найважливіше – його придатність для

прикладної системи, тобто чи можна реалізувати цю систему на основі однокристальної мікроЕОМ, мікроконтролера, чи необхідна спеціалізована мікросхема.

Далі важливо, чи має мікроконтролер необхідну кількість контактів і портів вводу-виводу, оскільки їхня недостатність унеможливить роботу, а надлишок призведе до надто високої ціни.

Третій критерій – наявність усіх необхідних периферійних пристроїв, таких як послідовні порти вводу-виводу, RAM, ROM, A/D (аналого-цифровий перетворювач), D/A (цифро-аналоговий перетворювач).

Також варто врахувати, чи має він інші периферійні пристрої, які не будуть потрібні в конкретній системі.

П'яте – чи забезпечує ядро процесора необхідну продуктивність, достатню для обробки системних запитів, використовуючи обрану прикладну мову.

Інші аспекти включають: чи використовуються лише числові операції, чи потрібні й бітові операції; скільки дій потрібно виконати для обробки даних; чи буде система керуватися по перериваннях чи по командах людини; якою кількістю пристроїв (бітів вводу/виводу) необхідно керувати; і, нарешті, чи необхідні напруги повинні утримуватися у вузькому фіксованому діапазоні, чи система зможе працювати при великій нестабільності.

Критерії вибору мікроконтролера з користувацької точки зору можна подати у вигляді таблиці 3.1.

У сучасних мікроконтролерах, завдяки підвищеному рівню інтеграції й надійності при збереженні доступної вартості, майже всі елементи вже містять у собі набір вбудованих модулів. Серед найбільш поширених таких модулів можна назвати різні типи пам'яті та порти введення/виведення (I/O), а також таймери й системний годинник. До пам'яті належить RAM, різновиди ROM, у тому числі EPROM і EEPROM, що допускають перепрограмування. Таймери представлені як реальним годинником, так і

елементами, які можуть генерувати переривання.

Таблиця 3.1 - Критерії вибору мікроконтролера

Доступність	+
Чи виробляється зараз?	+
Асемблери	+
Компілятори	+
Засоби налагодження	+
Внутрісхемні емулятори	+
Монітори-відладчики	+
Налагодження програм у вихідних текстах	+
Інформаційна підтримка	+
Повідомлення про помилки	+
Утиліти	+
Приклади вихідних текстів	+

Щодо засобів I/O, то вони включають у себе і послідовні комунікаційні порти, і паралельні лінії, а також модулі перетворення сигналів – A/D і D/A. Окремо варто згадати драйвери для LCD та VFD-дисплеїв, які також інтегруються безпосередньо у мікроконтролер.

Створений пристрій працює на основі мікроконтролера AT90LS8535. Вибір саме цього варіанта пояснюється результатами порівняльного аналізу різних моделей: він має широкі можливості, розвинену структуру вбудованих модулів, збільшений набір команд і водночас залишається економічно вигідним. Пристрій передбачає підключення до персонального комп'ютера через послідовний інтерфейс. Завдяки цьому можна виконувати калібрування шкал термометра і манометра, а також – за потреби – отримувати вибірку даних для подальшого формування графіків зміни параметрів у певні проміжки часу.

Побудова графіків необхідна для постійного контролю та

переналагодження контрольованого пристрою, щоб врахувати часові зміни та використати отримані результати для стабілізації параметрів процесу.

Світлодіодний індикатор величин показує:

- поточний час в форматі ГГ: ХХ (години : хвилини) для перевірки зміни параметрів тіста з часом роботи тісторозділювальної машини у випадку збору інформації для побудови графіків, а також може бути використаний в ролі таймера, для забезпечення точного часу вистоювання та бродіння тіста в бункері машини;

- температуру тіста в місці встановлення давача, $^{\circ}\text{C}$;

- тиск в бункері на тісто в мм рт. ст. або в Па при додатковому переналагодженні (для переходу до іншої системи розмірностей необхідно підібрати коефіцієнт калібрування).

Температуру в інтервалі $-50..+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ пристрій вимірює з точністю до $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (температура є важливим параметром для встановлення якісних характеристик тіста в процесі бродіння без дотримання потрібних технологічних параметрів). Інтервал вимірювання тиску $800..1200\text{ мм рт. ст.}$ при похибці $1..2\text{ мм рт. ст.}$ Перевищення верхньої межі діапазону є фактором, який значно погіршує властивості готового продукту, серед них основним є пружність та структура м'якуша хліба.

Конструктивно пристрій розбитий на модулі (плати): модуль контролера, модуль індикації, модуль живлення, модулі виконавчих механізмів, модуль клавіатури. Модулі з'єднані роз'ємами для зручності в користуванні, так у випадку переналаштування пристрій може бути від'єднаний від виробничої машини і перенесений до зовнішнього комп'ютера. Модулі контролера і живлення розміщені в корпус шафи керування тісторозділювальною машиною, а модуль індикації виконаний у вигляді окремого блоку з прозорим вікном для індикаторів.

Вибір мікроконтролера AT90LS8535 фірми Atmel обумовлений наступними вимогами:

- послідовний інтерфейс ISP (Interface for Serial Programming)

дозволяє програмувати мікроконтролер “прямо на платі”, що значно полегшує наладку. Програматор, який підключається до портів COM або LPT комп’ютера, можна купити або скласти самостійно;

- завдяки вбудованому багатоканальному 10-розрядному АЦП і пам’яті відпадає необхідність в багатьох зовнішніх компонентах;
- більш низька межа допустимої напруги живлення (2,7 В замість 4 В в AT89S8535).

Мікроконтролер AT90LS8535 можна замінити на ATmega8535L або більш розповсюджені Atmega103, Atmega603 цієї ж фірми-виробника, не змінюючи керуючу програму. Недоліком останніх двох мікросхем (на відміну від AT90LS8535) є значна дороговизна і те, що їх випускають лише в планарному 64-контактному корпусі, що в свою чергу потребує суттєвого ускладнення друкованої плати.

3.4.2 Характеристика мікроконтролера

Мікроконтролер AT90LS8535 належить до малопотужних пристроїв, побудованих на архітектурі AVR RISC, що дає можливість виконувати складні інструкції за один такт. Завдяки цьому його продуктивність може наближатися до 1 MIPS, а отже, забезпечується швидка обробка даних при мінімізованому енергоспоживанні. Основу роботи складає ядро AVR, у якому використано 32 універсальні робочі регістри, безпосередньо з’єднані з ALU, завдяки чому два регістри можуть самостійно брати участь в операції в межах одного машинного циклу. Така схема суттєво підвищує ефективність і забезпечує в кілька разів більшу продуктивність порівняно зі стандартною мікроконтролерною архітектурою.

Мікроконтролери цього типу підтримують внутрішньосистемне програмування, що дозволяє переписувати програмну пам’ять через SPI-інтерфейс або з використанням типового програматора для енергонезалежної пам’яті. Для AT90LS8535 доступний широкий набір інструментів розробника: компілятори мов C#, макроасемблери, засоби

налагодження, програмні й апаратні емітатори, а також набори для створення макетів і стендів.

Уся лінійка AVR поділяється на три основні сімейства: Classic AVR, що охоплює базові моделі з продуктивністю до 16 MIPS і пам'яттю програм від 2 до 8 КБ (разом із 64–512 байт EEPROM та 128–512 байт SRAM); mega AVR, орієнтоване на складніші застосування, де потрібні значні ресурси пам'яті (до 128 КБ FLASH, 512 байт EEPROM, 2–4 КБ SRAM) та додаткові апаратні засоби – зокрема 10-розрядний 8-канальний АЦП і апаратний множник 8×8 ; а також tinyAVR – спрощені та недорогі моделі у компактному 8-вивідному виконанні, які містять вбудований контролер живлення і не потребують зовнішніх супервізорів.

У мікроконтролерах AVR реалізовано механізми енергозбереження, серед яких режим сну, у якому зупиняється робота ядра, але активними залишаються таймери, сторожовий таймер і система переривань, та режим мікроспоживання, що повністю вимикає тактування і всі функціональні блоки, зберігаючи при цьому вміст регістрів аж до моменту появи сигналу зовнішнього переривання або скидання.

Залежно від конкретної модифікації, робоча напруга AVR-мікроконтролерів становить 2,7–5 В або 4–6 В, за винятком ATtiny12V, що здатний працювати від 1,2 В. Для розробки програм Atmel пропонує середовище AVR-Studio, яке забезпечує програмну симуляцію та роботу з внутрішньосхемними емітаторами. Також, наявні багато інших альтернативних засобів – від Сі-компіляторів і асемблерів до завантажувачів – які підтримують родину AVR. Подібно до рішень Microchip, мікроконтролери Atmel широко застосовуються в різних галузях та сумісні з багатьма вітчизняними програматорами, а низка фірм постачає й відповідні апаратні засоби для налагодження. Основні характеристики AVR® мікроконтролера AT90LS8535:

- підтримка внутрісистемного програмування,
- AVR® - висока продуктивність, RISC архітектура з низьким енергоспоживанням;

- 32x8 робочих регістрів загального призначення;
- продуктивність 8 MIPS при 8 МГц;
- 8 Кбайт Flash-пам'яті з підтримкою внутрісистемного програмування;
- 512 байт EEPROM, ресурс запису/стирання 100000 циклів;
- 512 байт SRAM;
- програмоване блокування для безпеки програмного забезпечення.

Периферія:

- восьми канальний 10-ти розрядний АЦП;
- програмований послідовний UART;
- два 8-ми розрядних таймера/лічильника з окремим поділом частоти;
- 16-ти розрядний таймер/лічильник з окремим поділом частоти з режимами порівняння і захоплення;
- програмований таймер з вбудованим тактовим генератором;
- вбудований аналоговий компаратор;
- три ШІМ каналів.

У мікроконтролері передбачено низку спеціальних функцій, серед яких ланцюг автоматичної ініціалізації при аварійному вимкненні живлення, контролер реального часу (RTC), що працює на окремому генераторі й може функціонувати в режимі лічильника, а також механізми формування зовнішніх і внутрішніх переривань. Передбачено й кілька варіантів економії енергії – режими Idle, Save та Power Down, які забезпечують різний рівень зниження споживання.

Підсистема вводу/виводу включає 32 програмовані лінії I/O. Робоча напруга VCC може змінюватися в межах від 2.7 до 6.0 В, а частота роботи – до 4 МГц. Файл швидкодоступних регістрів містить 32 регістри по 8 біт кожен, і завдяки однаковому часу доступу будь-яка операція ALU відбувається за один цикл: два операнди одночасно подаються на вхід

арифметико-логічного пристрою, а отриманий результат за той же цикл повертається назад у файл регістрів. Серед цих 32 регістрів шість можуть бути об'єднані у три 16-розрядні показники для непрямої адресації даних; один з цих показників додатково використовується для звернення до таблиць констант. Такі розширені регістри представлені X-, Y- та Z-регістрами.

ALU дає змогу виконувати як логічні, так і арифметичні операції між регістрами, а також між регістром і константою, причому підтримуються й операції над одним регістром.

Схематичне зображення архітектури мікроконтролера AT90LS8535 AVR RISC наведено на рис. 3.6.

Область пам'яті вводу/виводу охоплює 64 адреси, що призначені для роботи з периферією – таймерами, контрольними регістрами, перетворювачами та іншими засобами I/O. Доступ до цієї пам'яті може здійснюватися як безпосередньо, так і через простір даних, що пов'язаний із діапазоном адрес реєстрового файлу 20–5F.

Архітектура AVR у мікроконтролерах побудована за гарвардським принципом: пам'ять програм і пам'ять даних розділені та мають власні шини. Завдяки цьому під час виконання однієї інструкції наступна вже вибирається з пам'яті програм, що дає можливість реалізувати виконання команд у кожен тактовий цикл. Програмний код зберігається у внутрісистемній флеш-пам'яті, де він може бути перепрограмований.

Простір адрес доступний повністю – як для команд відносних переходів, так і для інструкцій, що потребують звернення. Формат більшості команд є однослівним (16 біт), хоча зустрічаються й інструкції шириною 32 біти, тому кожна адресна комірка програмної пам'яті містить одне 16- або 32-розрядне слово.

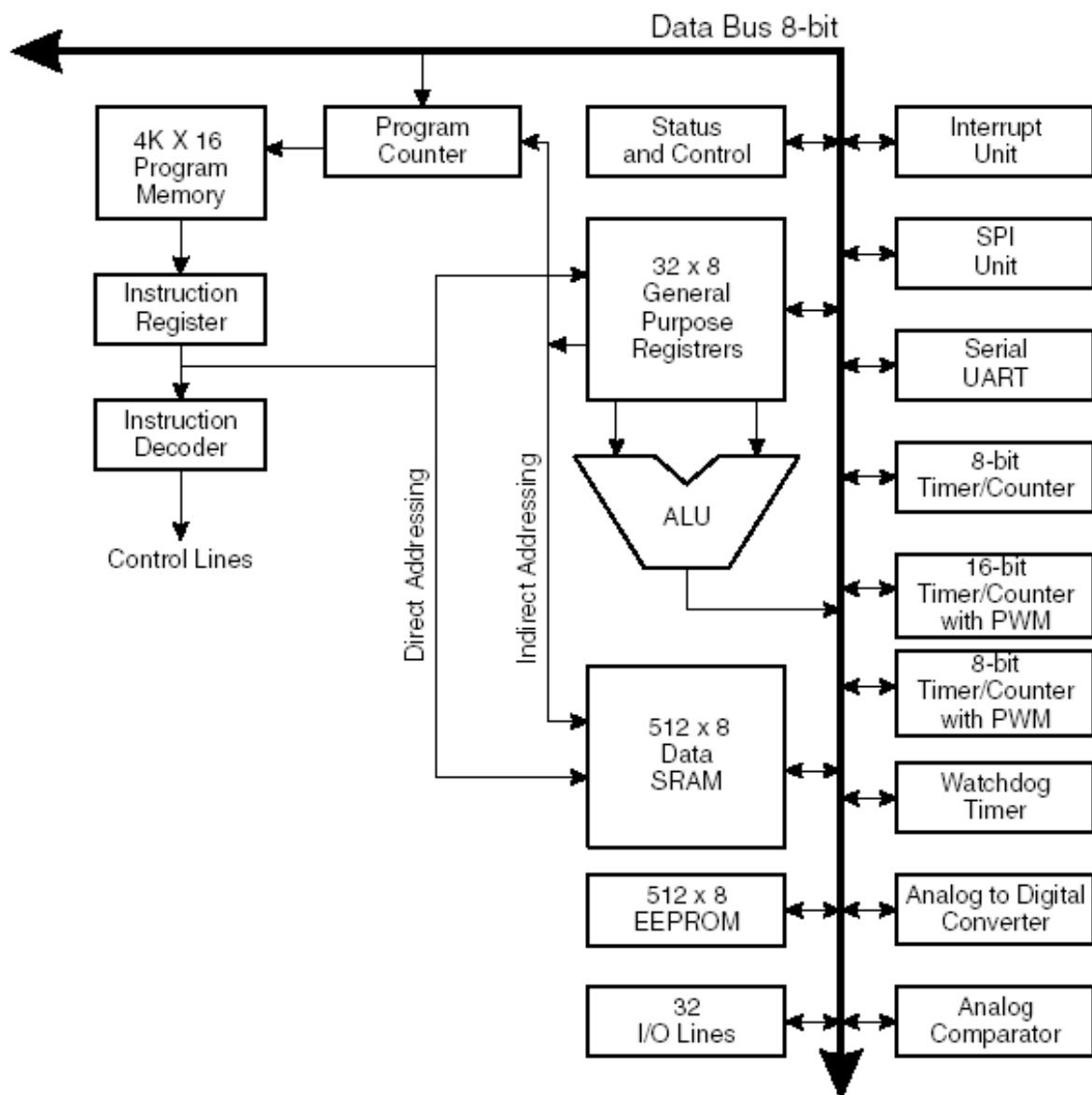


Рисунок 3.6 - Блок-схема мікроконтролера

Під час переривань чи виклику підпрограм значення програмного лічильника (PC) автоматично заноситься до стеку. Оскільки стек фізично знаходиться у SRAM, його обсяг обмежений лише доступною кількістю оперативної пам'яті. Перед використанням переривань або підпрограм у користувацьких програмах необхідно попередньо ініціалізувати покажчик стеку SP. Сам покажчик має 10-розрядну структуру і знаходиться в області регістрів вводу/виводу, що забезпечує до нього швидкий доступ. Схематично розподіл усіх типів пам'яті мікроконтролера представлено на рисунку рис. 3.7.

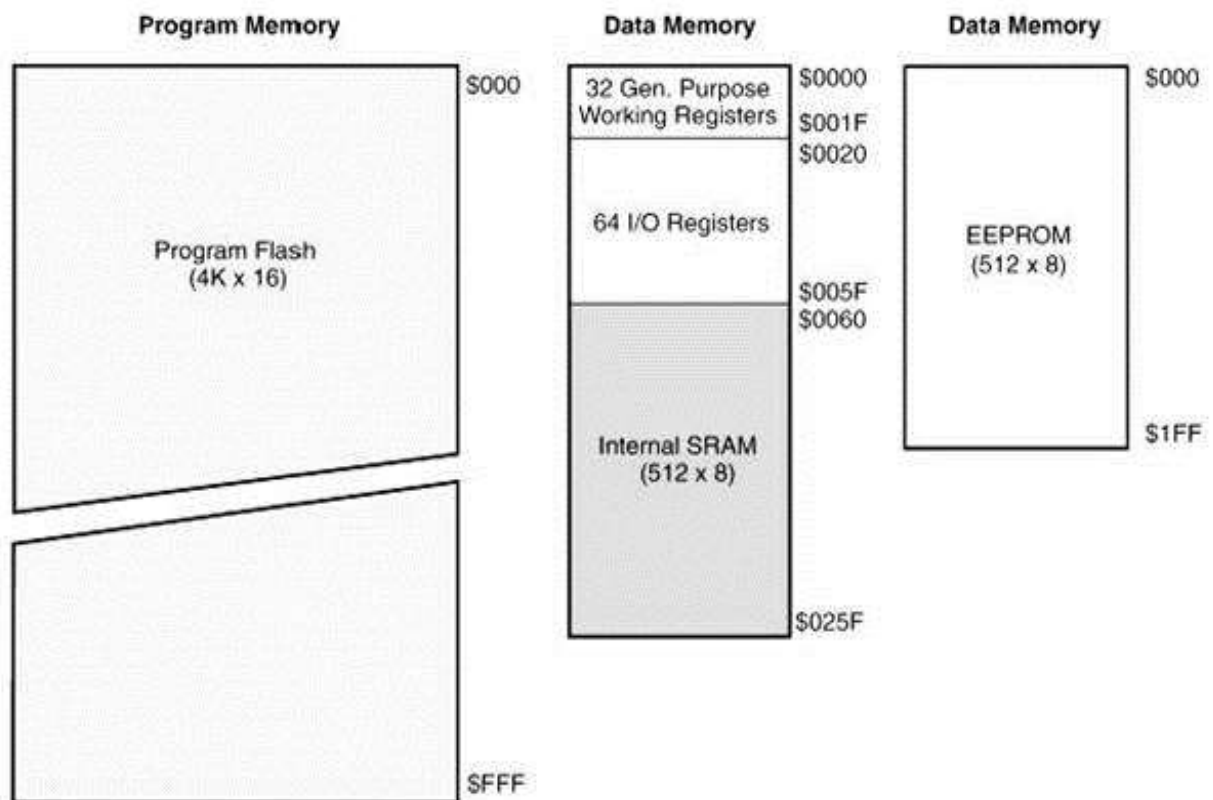


Рисунок 3.7 - Карти розподілу пам'яті

У мікроконтролері передбачено 512 байт SRAM, доступ до яких можливий через п'ять типів адресації, що підтримуються архітектурою AVR. Також пристрій оснащений власними засобами формування тактових імпульсів, тому може працювати і як таймер для зовнішніх подій, і як споживач сигналів відзовнішніх генераторів.

Вузли XTAL1 та XTAL2 виконують роль входу та виходу інверторного підсилювача, який за потреби конфігурується як резонансний підсилювач для кварцового або керамічного резонатора – це показано на рис. 3.8. За умови використання підсилювача MCU для створення тактового сигналу для зовнішньої апаратури, підключення буфера НС здійснюється у спосіб, наведений на схемі.

Коли ж необхідно, щоб мікроконтролер працював від зовнішнього генератора тактової частоти, тоді XTAL2 залишають від'єднаним, а XTAL1 підключають згідно з конфігурацією, поданою на рис. 3.9.

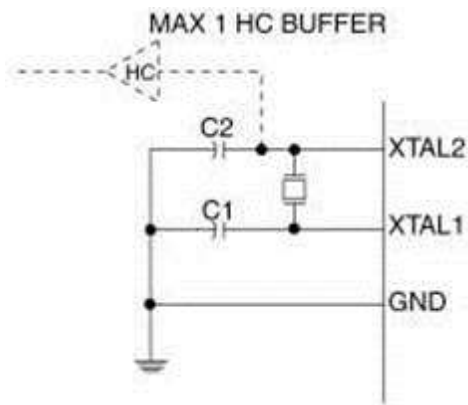


Рисунок 3.8 - Підключення підсилювача

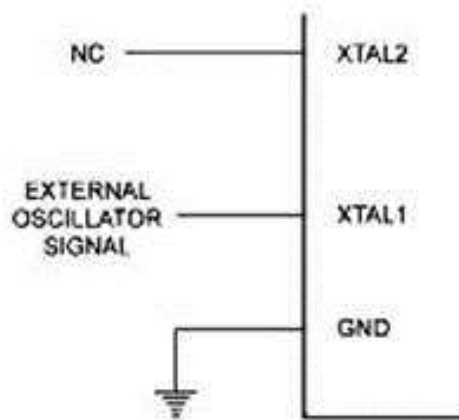


Рисунок 3.9 - Зовнішня конфігурація годинника

У мікроконтролері підсилювач таймера працює правильно лише тоді, коли виводи TOSC1 і TOSC2 з'єднані між собою, причому підключення додаткових конденсаторів не передбачено. Конструкція цього підсилювача спеціально розрахована на роботу з кристалом частотою 32,768 Гц, що використовується в годинникових схемах, тому подавати на TOSC1 зовнішній сигнал часу небажано.

Усі інструкції командної системи, що працюють із регістрами, забезпечують прямий доступ до регістрового файлу і виконуються за один цикл, окрім кількох випадків: SBCI, SUBI, CPI, ANDI, ORI – це команди, що здійснюють операції між константою та регістром, а також LDI, яка

завантажує безпосереднє значення.

Зазначені команди призначені тільки для старшої групи регістрів (R16...R31). Натомість звичайні операції SBC, SUB, CP, AND, OR та інші дії поміж обидвома регістрами чи в межах одного регістра допускають використання всього набору регістрів. Узагальнена організація регістрів загального призначення наведена на рис. 3.10.

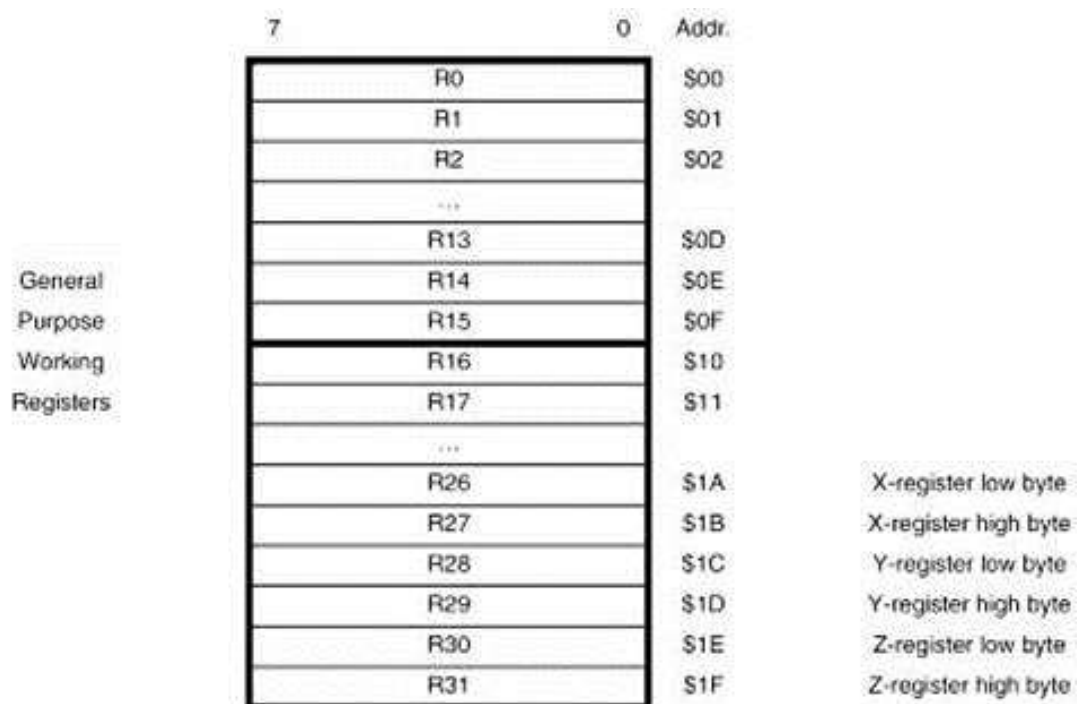


Рисунок 3.10 - Структура робочих регістрів загального призначення CPU AVR.

У наведений на рис. 3.10 схемі видно, що кожному регістру відповідає його власна адреса в просторі даних, завдяки чому визначається його точне розташування в пам'яті. Така організація забезпечує доволі зручний та гнучкий доступ до регістрового файлу, оскільки індексування можна виконувати через X-, Y- або Z-регістри (див. рис. 3.11), підставляючи їх у будь-який регістр за потреби.

Регістерна група R26..R31 виконує не лише загальні функції універсальних робочих регістрів: вони додатково служать покажчиками адрес для операцій непрямої адресації в усьому просторі даних. Це дозволяє

використовувати їх як адресні вказівники під час роботи з масивами, таблицями чи будь-якими іншими структурами, що потребують адресної індексації.

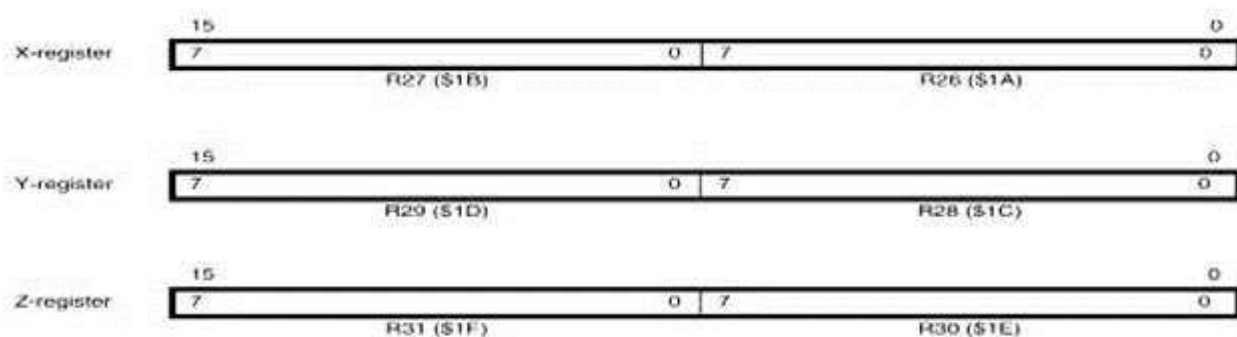


Рисунок 3.11 - X-, Y-, і Z-регістри

У різних режимах адресації регістри можуть автоматично інкрементуватися чи декрементуватися, займаючи визначені позиції відповідно до обраного способу доступу. Високошвидкісний арифметико-логічний пристрій AVR працює безпосередньо з усіма 32 регістрами загального призначення, тому будь-яка операція між цими регістрами виконується лише за один тактовий цикл. Сукупність операцій ALU охоплює три основні групи – арифметичні, логічні та бітові.

У мікроконтролері AT90LS8535 доступно 8 Кб Flash-пам'яті для зберігання програмного коду. Зважаючи на те, що інструкції мають 16 або 32 біти, структура Flash організована як 4К×16. Цей тип пам'яті витримує щонайменше 1000 циклів запису/стирання. Програмний лічильник (PC) у даній моделі складається з 12-бітних слів, що забезпечує доступ до 4096 адрес простору програм.

SRAM у AT90LS8535 (див. рис. 3.12) побудована таким чином, що молодша частина – 608 біт – відповідає за простір файлу регістрів, області вводу/виводу та внутрішню SRAM. Перші 96 біт відведені для адресації регістрів та I/O-простору, а наступні 512 біт використовуються як внутрішня область оперативної пам'яті даних.

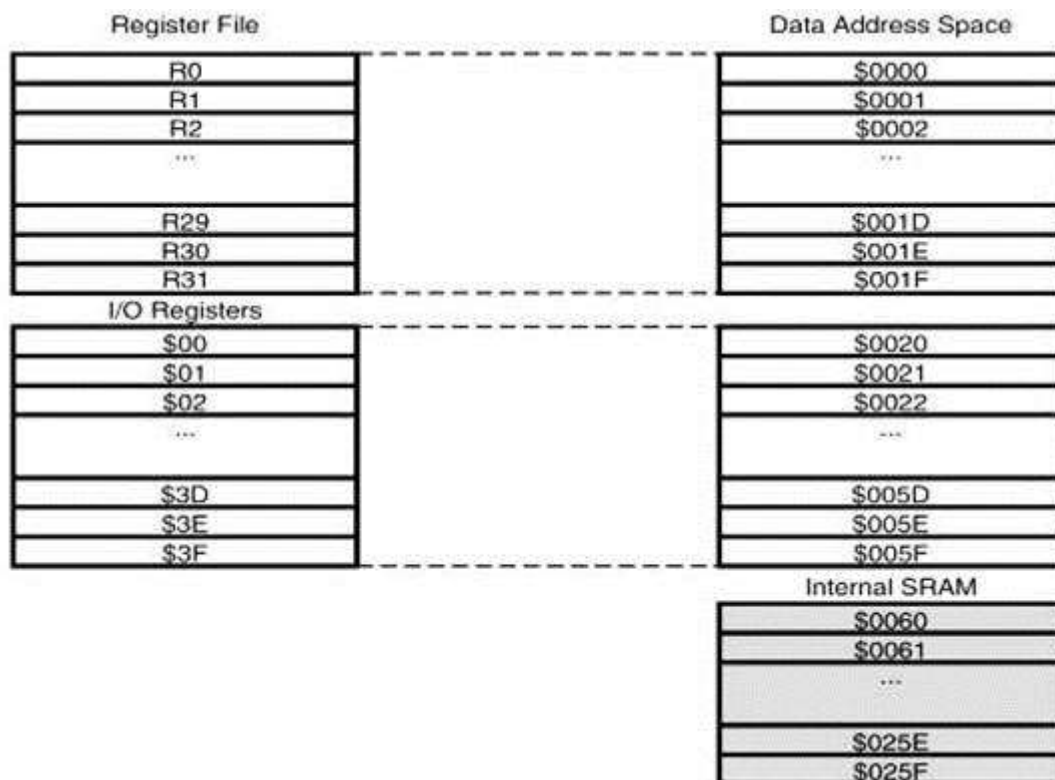


Рисунок 3.12 - Організація SRAM

Для доступу до пам'яті даних передбачено п'ять різних способів адресації: пряма, непряма зі зсувом, непряма, непряма попередньо зменшена та непряма післязбільшена. Серед регістрів реєстрового файлу регістри R26–R31 функціонують як регістри-вказівники непрямої адресації. При цьому пряма адресація охоплює весь простір даних. Непрямий зі зсувом метод описується розташуванням 63 адрес, отриманих з адрес, наданих Y- або Z-регістрами.

Коли використовується непряма адресація з автоматичним попереднім зменшенням і кінцевим збільшенням, зменшуються та збільшуються регістри адреси X, Y та Z. У мікроконтролері AT90LS8535 всі ці способи адресації застосовуються для доступу до 32 регістрів загального призначення, 64 регістрів вводу/виводу та 512 байт внутрішніх даних SRAM.

Крім того, AT90LS8535 має 512 байт EEPROM пам'яті даних, яка

організована як окремий простір даних, де байти можуть як читатися, так і записуватися. Ця EEPROM гарантує мінімум 100000 циклів запису/стирання. Робота AVR CPU керується системним годинником ClockØ, який безпосередньо генерується на кристалі чіпа, причому жодний внутрішній поділ часу не використовується.

Позначення AT90LS8535 приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Прийняті позначення

Регістр статусу (SREG)	
SREG:	Регістр статусу
C:	Флаг переносу
Z:	Флаг нульового значення
N:	Флаг негативного значення
V:	Флаг-вказівник доповнення до двох
S:	Для перевірок зі знаком
H:	Флаг напівпереносу
T:	Флаг пересилання, використовуваний командами BLD і BST
I:	Флаг дозволу/заборони глобального переривання
Регістри й операнди	
Rd:	Регістр призначення (і джерело) у реєстровому файлі
Rr:	Регістр джерело в реєстровому файлі
R:	Результат виконання команди
K:	Літерал чи байт даних (8 біт)
k:	Дані адреси константи для лічильника програм
b:	Біт у реєстровому чи файлі I/O реєстр (3 біти)
s:	Біт у реєстрі статусу (3 біти)
X, Y, Z:	Регістр непрямой адресації (X=R27:R26, Y=R29:R28, Z=R31:R30)
P:	Адреса I/O порту
q:	Зсув при прямої адресації (6 біт)
I/O реєстри	
RAMPX, RAMPY, RAMPZ:	Регістри зв'язані з X, Y і Z реєстрами, що забезпечують непряму адресацію всієї області CO3Y мікроконтролера з обсягом CO3Y більш 64 Кбайт
Стек:	
STACK:	Стек для адреси повернення й опущених у стек реєстрів
SP:	Показчик стека
Флаги:	
↔	Флаг, на який впливає команда
0:	Очищений командою Флаг
1:	Установлений командою Флаг
-:	Флаг, на який не впливає команда

3.4.3 Модуль контролера

В модулі контролера, схема якого показана в графічній частині даної кваліфікаційної роботи, на кресленнях розміщені основні вузли пристрою: мікроконтролер DD2; перетворювач сигналів UART мікроконтролера в стандартні рівні інтерфейсу RS-232 (мікросхема DD1); вузол перетворення опору давача температури RK1 в напругу (мікросхеми DA1, DA2,

транзистори VT1, VT2); ключі керування світлодіодними індикаторами; блок дешифраторів, призначений для вибору одного із стовбців клавіатури і одного з індикаторів, значення на якому висвітлюється на даний момент; два регістри, один з яких призначений для фіксації і підсилення сигналів, які виводяться на дисплей, а інший – призначений для фіксації стану вихідних сигналів керування; роз'єми інтерфейсу RS-232 (XP1), програмування мікроконтролера (XP2), підключення індикаторів (XP3), блоку живлення (XP4), датчиків температури і тиску (XP5, XP6), вхідних і вихідних оптопар (XP7, XP8), датчик рівня тіста (XP9) і клавіатури (XP10). Розвадена плата і розміщення компонентів показані на листах

Під керуванням мікроконтролера DD2 ключі на транзисторах по чергово підключають до джерела живлення ланцюга спільних анодів одинадцяти семисегментних індикаторів, їх катоди комутують транзистори VT13 – VT19. Транзистор VT30 керує парою світлодіодів, розміщених між розрядами годин і хвилин індикатора. Всі індикатори знаходяться поза модулем контролера.

Напруги, пропорційні вимірюваним величинам, надходять на три виходи мікроконтролера DD2, що запрограмовані як входи трьох із восьми каналів вбудованого АЦП. Показовим для АЦП є подання на вихід AREF мікроконтролера напруги +5В (А), що значно знижує вимоги до стабільності АЦП. Вихідна напруга датчиків температури і тиску пропорційна не тільки вимірювальним параметрам, але й напрузі живлення. Зміна разом з нею стандартної напруги виключає цю залежність в вихідному коді АЦП. Хоча відхилення стандартної напруги від номіналу вносять додаткову похибку в результат вимірювання напруги батареї, в даному випадку це не є настільки важливим.

Ланцюг R7C11 забезпечує надійне встановлення мікроконтролера DD2 у вихідний стан при вмиканні живлення. Конденсатори C1–C10, C12 – блокувальні, C13 і C14 необхідні для збудження кварцевого резонатора ZQ1.

Друкована плата модуля контролера – двобічна з фольгованого склотекстоліту товщиною 1,5 мм. Особливість схеми і конструкції модуля – три незалежних “спільних” провідники для аналогових, цифрових ланцюгів та індикаторів. В зібраному пристрої ці провідники з’єднуються між собою лише в модулі живлення. Такий прийом зменшує завади, створювані аналоговим вузлом цифровими вузлами і модулем індикації. При автономній перевірці і налаштуванні контролера з живленням від “нештатних”, наприклад, лабораторних джерел, необхідно не забувати з’єднувати між собою спільні провідники джерел.

Резистори R1 – R6, R8 – R11 – С2-29В або інші прецизійні з вказаними допусками. Решта резисторів – звичайні МЛТ або С4-1. Всі конденсатори – будь-які керамічні. Кварцевий резонатор ZQ1 – НС-49 або інший на потрібній частоті.

Роз’єми ХР – двохранні штирові колодки PLD. Блокова частина роз’єму РС4(Х1) встановлена на корпусі пристрою. Її контакти з’єднані з відповідними контактними площадками друкованої плати.

Перетворювач рівнів сигналів інтерфейсу RS-232 MAX202CPE (DD1) можна замінити одним з численних функціональних аналогів, які відрізняються лише числом каналів перетворення, рекомендованими номіналами конденсаторів і рівнем захисту входів і виходів від завад і високих напруг.

Необхідні для формування повноцінного сигналу TXD від’ємні напруги в цьому випадку отримують випрямленням з допомогою ланцюга VD1C1 сигналу RXD, що надходить від комп’ютера. В спеціалізовані інтерфейсні мікросхеми вбудовані безтрансформаторні перетворювачі для отримання підвищеної додатньої і від’ємної напруг.

Заміною спарених прецизійних ОП MAX478CPA (DA1, DA2) можуть служити MAX479CPD (чотири ОП в одному корпусі). Аналогічні операційні підсилювачі виготовляються фірмою Analog Devices (AD8512, AD8513). В крайньому випадку підійдуть одинарні вітчизняні KP140УД26А.

Польові транзистори КП303Е можна замінити на КП302Б, КП302В, КП302Г або іншими з n-каналом і початковим струмом стоку не менше 3..5 мА. Замість транзисторів КТ315Г можна встановити КТ315Б. Звичайно, допустиме використання будь-яких інших транзисторів приблизно такої ж потужності з h_{21e} не менше 100.

3.4.4 Розрахунок підсилювача для керування оптопарами

Підсилювач призначений для підсилення сигналів керування оптопарами.

Вхідний струм рівня логічної “1” 0,1 мА, напруга 2,7 В, логічного “0” – напруга 0,5 В, струм 1 мА. Вихідний струм оптопари логічної “1” 40 мА, напруга близька до 0 В, а для рівня логічного “0” максимальна вихідна напруга 12 В, струм 0 мА.

Вибираємо підсилювач, схема якого зображена на рис. 3.13.

Резистор R1 призначений для збільшення навантажувальної здатності мікросхеми в стані логічної “1”, R2 призначений для обмеження струму бази транзистора VT1, R3 – для обмеження струму світлодіода.

По максимальному струмові (40 мА) і напрузі (12 В) вибираємо транзистор КТ 315, для якого $U_{KE}=0,6$ В, а $U_{EB}=1,1$ В.

Із умови, що при видачі схемою “0” через резистор R1 протікає струм 1 мА, визначаємо опір R1:

$$R_1 = \frac{U_{\text{ж}} - U_{\text{BX0}}}{I_{\text{BX0}}}, \quad (3.1)$$

де $U_{\text{ж}}$ – напруга живлення;

U_{BX0} – вхідна напруга рівня логічного “0”;

I_{BX0} – вхідний струм рівня логічного “0”.

$$R_1 = \frac{5 - 0,5}{0,001} = 4500 \text{ Ом}$$

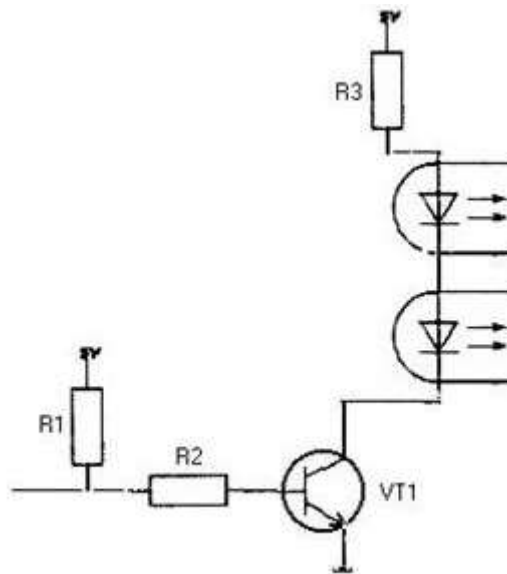


Рисунок 3.13 - Схема підсилювача для керування оптопарами

Визначаємо струм, що поступає на базу транзистора VT1 при видачі мікросхемою логічної “1” за формулою.

$$I_{б1} = I_{вх1} + \frac{U_{ж} - U_{вх1}}{R_1} \quad (3.2)$$

$$I_{б1} = 0,1 + \frac{5 - 2,7}{4500} = 0,00061 \text{ А}$$

По $I_{б1}$ та $I_{к1}$ за формулою визначаємо коефіцієнт підсилення по схемі зі спільним емітером:

$$\beta = (h_{21}) \geq \frac{I_{вих1}}{I_{б1(реж1)}}, \quad (3.3)$$

де $I_{вих1}$ – вихідний струм оптопари при видачі логічної “1”;

$I_{б1(реж1)}$ – струм, що поступає на базу транзистора VT1 при видачі мікросхемою логічної “1”.

$$\beta = \frac{0,04}{0,00061} = 66$$

За коефіцієнтом остаточно вибираємо транзистор типу КТ315Р з наступними параметрами:

$U_{KEнас}=0,4 \text{ В}; U_{KBmax}=35 \text{ В}; U_{KE} \text{ при підкл бази}=35 \text{ В}; U_{EBmax} \text{ звор}=6 \text{ В}; I_K=0,5 \text{ мкА}; P_{max}=150 \text{ мВт}; \beta=150..350.$

Так як β значно більший від отриманого, то $R1$ буде перераховано.

Перевіряємо транзистор VT1 по розсіюваній потужності за формулою:

$$P=U_{KEнас}I_K+U_{BEнас}I_B, \quad (3.4)$$

де $U_{KEнас}$ – напруга насичення між колектером та емітером;

I_K – номінальний струм колектора;

$U_{BEнас}$ – напруга переходу база-емітер в режимі насичення;

I_B – струм бази $I_B=I_K/\beta=0,26 \text{ мА}.$

$$P = 0,4 \cdot 0,04 + 1,1 \cdot 0,00026 = 16,286 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$

Таким чином, транзистор підібрано добре.

Визначаємо потужність, розсіювану резистором $R3$ і опір цього резистора.

$$R_3 = \frac{U_{ж2} - U_{св} - U_{KEнас}}{I_{K1}}, \quad (3.5)$$

де $U_{ж2}$ – напруга живлення вихідного каскаду;

$U_{св}$ – напруга живлення світлодіоду;

$U_{KEнас}$ – напруга насичення переходу колектор-емітер;

I_{K1} – струм колектора.

$$R_3 = \frac{12 - 2,5 - 0,4}{0,04} = 227 \text{ Ом}$$

Вибираємо резистор опором $220 \text{ Ом}.$ Визначаємо різницю між обраним значенням і дійсним за формулою:

$$\varepsilon(\Delta R_3) = \frac{R_{Здійсн} - R_{Звибр}}{R_{Здійсн}}, \quad (3.6)$$

де $R_{Здійсн}$ і $R_{Звибр}$ – дійсне і вибране відповідно значення $R_3.$

$$\varepsilon(\Delta R_3) = \frac{227 - 220}{227} = 0,033$$

Так як дійсний опір відрізняється на 3%, то змінювати струм вихідного кола і потужність вихідного транзистора не потрібно.

Розраховуємо потужність, розсіювану опоріом R3 за формулою:

$$P_3 = (U_{ж2} - U_{св} - U_{КЕнас}) \cdot I_{к1} \quad (3.7)$$

$$P_3 = (12 - 2,5 - 0,4) \cdot 0,04 = 0,364 \text{ Вт}$$

Максимальна потужність розсіюється у випадку, коли VT1 відкритий. Обираємо резистор R3 МЛТ опором 220 Ом і потужністю 0,5 Вт.

Визначаємо опір R2 за формулою (3.8) і потужність розсіювання за формулою (3.9):

$$R_2 = \frac{U_{вх1} - U_{КБнас}}{I_{б1}}, \quad (3.8)$$

$$P_2 = (U_{вх1} - U_{КБнас}) \cdot I_{б1}, \quad (3.9)$$

де $U_{КБнас}$ – напруга насичення переходу колектор-база;
 $U_{вх1}$ – напруга на вході при рівні логічної “1”;
 $I_{б1}$ – струм бази.

$$R_2 = \frac{2,7 - 1,1}{0,00026} = 6150 \text{ кОм}$$

$$P_2 = (2,7 - 1,1) \cdot 0,00026 = 0,416 \cdot 10^{-3} \text{ Вт}$$

Обираємо резистор R2 МЛТ опором 6,1 кОм і потужністю 0,125 Вт.

Для полегшення роботи мікросхеми будемо вважати, що через її виходи, коли вона в стані логічної “1”, струм не протікає. Тоді з цього твердження опір R1 становить:

$$R_1 = \frac{U_{ж} - U_{вх1}}{I_{б1}} \quad (3.10)$$

$$R_1 = \frac{5 - 2,7}{0,26 \cdot 10^{-3}} = 8,84 \cdot 10^3 \text{ Ом}$$

Визначаємо вхідний струм мікросхеми при видачі логічного “0” за формулою:

$$I_{б1} = \frac{U_{ж} - U_{вх0}}{R_1} \quad (3.11)$$

$$I_{\text{с1}} = \frac{5 - 0,5}{8,8 \cdot 10^3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ А}$$

Струм задовольняє вимоги, тому опір резистора обрано правильно.

Визначаємо потужність, що розсіюється на резисторі R1. Максимальна потужність розсіюється тоді, коли на виході схеми – логічний “0”:

$$P_2 = (U_{\text{ж}} - U_{\text{вх 0}}) \cdot I_{\text{вх 0}} \quad (3.12)$$

$$P_2 = (5 - 0,5) \cdot 0,5 = 0,00225 \text{ Вт}$$

Отже, обираємо резистор МЛТ опором 8,8 кОм і потужністю розсіювання 0,125 Вт.

3.4.5 Розрахунок вхідного підсилювача

Схема (рис. 3.14) складається з вхідного кола, яке може працювати в режимі подачі зовнішньої напруги від давача або в режимі комутації двох контактів між собою. Оптопара, призначена для розв’язки вхідного кола і кіл системи керування. В першому режимі роботи напруга від зовнішнього давача подається на КН1 і SG. Для роботи оптопари необхідно, щоб на КН1 постійно була додатня напруга, тоді вихідний транзистор відкриється і на виході буде логічний “0”. При відсутності сигналу від давача, вихідний транзистор залишається закритим.

В другому варіанті використання вхідного кола оптопари є таким. Напруга живлення $U_{\text{CC}} = +24\text{В}$, а при наявності сигналу від давача КН1 замикається із SG. Тоді на виході при відсутності сигналу відбувається замикання оптопари. При наявності сигналу від давача КН1 замикається із SG, з’являється рівень логічної “1”.

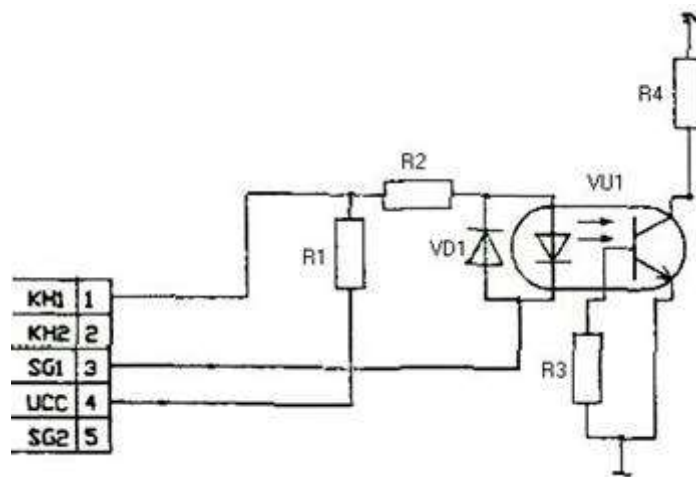


Рисунок 3.14 - Схема вхідного підсилювача

Проведемо розрахунок підсилювача. Для цього припускаємо, що на вході пристрою напруга може мінятися в межах $-36..+36$ В, що значно більше від номінальної напруги роботи давачів. Вибираємо основний елемент пристрою – оптопару типу АОТ 110–А з напругою ізоляції 500 В, при оптимальній ізоляції 100 гОм.

Параметри вхідного світлодіода:

спад напруги при номінальному режимі 1,6 В;

номінальний вхідний струм 5 мА;

максимальний прямий струм 15 мА в довготривалому режимі і 100 мА в імпульсному режимі.

Параметри вихідного кола:

напруга, що може комутуватись $E=30$ В;

коефіцієнт передачі струму з вихідного кола у вхідне 1;

параметри насичення $U_{KE\text{ нас}} = 1,5$ В, при струмі колектора 70 мА;

стала часу 100 мкс.

Найбільш напруженим режимом буде режим, коли напруга 36 В подається від давача на контакт КН1.

Визначимо опір резистора R2 з формули:

$$R_2 = \frac{U_{BX} - U_{CB}}{I_{BX\text{ max}}} , \quad (3.13)$$

де $U_{\text{вх}}$ - вхідна напруга, $U_{\text{вх}}=36 \text{ В}$;

$U_{\text{св}}$ – напруга на світлодіоді, $U_{\text{св}} = 1,6 \text{ В}$;

$I_{\text{вх}}$ – вхідний струм, $I_{\text{вх}}=15 \text{ мА}$.

$$R_2 = \frac{36 - 1,6}{0,015} = 2243 \text{ Ом}$$

Максимальна потужність на R_2 виділяється в найбільш напруженому режимі і знаходиться з формули

$$P_2 = (U_{\text{вх}} - U_{\text{св}}) I_{\text{вх max}} \quad (3.14)$$

$$P_2 = (36 - 1,6) 0,015 = 0,516 \text{ Вт}$$

Вибираємо резистор типу МЛТ потужністю розсіювання 1 Вт.

Резистор R_1 приймаємо таким же як і R_2 .

Визначаємо струм, що протікає через оптопару при режимі, коли $U_{\text{ж}}$ подається на $U_{\text{св}}$, а давач підключається між SG і КН1 (повинен спрацьовувати на замикання) (рис. 3.15).

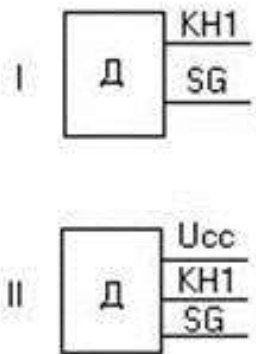


Рисунок 3.15 - Варіанти підключення давача

При використанні другого типу підключення при розімкнутому контакті між виводами КН і SG струм, що протікає через оптопару знаходиться згідно формули:

$$I_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{ж min}} - U_{\text{св}}}{R_1 + R_2}, \quad (3.15)$$

де $U_{\text{ж min}}$ – мінімальна напруга живлення, $U_{\text{ж min}} = U_{\text{ж}} - 20\% U_{\text{ж}}$;

$U_{\text{св}}$ – напруга на світлодіоді;

R_1, R_2 – опори резисторів R_1 і R_2 .

Підставивши значення, отримаємо $I_{\text{вх}}=0,024\text{А}$. Це мінімальний робочий струм, який поступає на оптопару, при якому оптопара буде працювати і вихідний транзистор оптопари має бути відкритим.

Визначаємо струм, що протікає через вихідне коло оптопари за формулою:

$$I_{\text{к}}=I_{\text{вх}}K, \quad (3.16)$$

де $I_{\text{вх}}$ – вхідний струм оптопари (струм світлодіода);

K – коефіцієнт передачі по струму.

При отриманому значенні $I_{\text{к}}=2,4\text{мА}$ транзистор оптопари має працювати при режимі, близькому до насичення.

Визначаємо опір R_4 за формулою:

$$R_4 = \frac{U_{\text{ж2}} - U_{\text{КЕнас}}}{I_{\text{к}}}, \quad (3.17)$$

де $I_{\text{к}}$ – струм, що протікає через вихідне коло оптопари;

$U_{\text{КЕ нас}}$ – напруга насичення між колектором і емітером вихідного транзистора оптопари.

$$R_4 = \frac{5 - 1,5}{0,0024} = 1460 \text{ Ом}$$

Визначаємо максимальну потужність, що розсіюється у вихідному колі за формулою (3.18). Потужність буде максимальною, коли транзистор буде відкритим, незалежно від струму вхідного кола.

$$P_4 = \frac{(U_{\text{ж}} - U_{\text{КЕнас}})^2}{R_4}, \quad (3.18)$$

де $U_{\text{ж}}$ – напруга живлення;

$U_{\text{КЕнас}}$ – напруга насичення між колектором і емітером вихідного транзистора оптопари;

R_4 – опір резистора R_4 .

$$P_4 = \frac{(5 - 1,5)^2}{1500} = 8 \text{ мВт.}$$

Отже, обираємо резистор R4 типу МЛТ опором 1,5 кОм і потужністю розсіювання 0,125 Вт.

Розраховуємо потужність, що розсіюється в оптопарі за формулою:

$$P_{\text{vul}} = U_{\text{CB}} \cdot I_{\text{CBmax}} + U_{\text{КЕнас}} \cdot \frac{U_{\text{ж2}} - U_{\text{КЕнас}}}{R_4}, \quad (3.19)$$

де U_{CB} – напруга на світлодіоді;

I_{CBmax} – струм максимальний на світлодіоді;

$U_{\text{ж2}}$ – напруга живлення;

$U_{\text{КЕнас}}$ – напруга насичення між колектором і емітером вихідного транзистора оптопари;

R_4 – опір резистора R_4 .

$$P_{\text{vul}} = 1,6 \cdot 0,015 + 1,5 \cdot \frac{5 - 1,5}{1500} = 0,02 \text{ Вт}$$

Знаходимо опір резистора R3. Резистор R3 призначений для під'єднання бази транзистора до кола землі. Тому обираємо резистор на рівні 50 кОм, типу МЛТ, потужністю розсіювання 0,125 Вт.

Діод VD1 (Рисунок 3.18) призначений для запобігання подачі зворотної напруги на світлодіод. Максимальний струм через захисний діод рівний максимальному струмові через світлодіод оптопари і знаходиться за формулою:

$$I_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{жmax}} - U_{\text{CB}}}{R_2}. \quad (3.20)$$

$$I_{\text{вх}} = \frac{36 - 0,6}{2200} = 0,015 \text{ А}$$

За максимальним струмом діода вибираємо КД503А з параметрами $I_{\text{звор}}=10 \text{ мкА}$, $U_{\text{пр}}=1,4\text{В}$, $I_{\text{пр}}=10 \text{ мА}$.

3.4.6 Давач температури

Терморезистором RK1 (давачем температури) є обмотка реле РЕС60, що має опір 1900^{+120}_{-380} Ом при 20°C . У даному випадку можна використовувати й інші мідні обмотки приблизно того ж опору, в тому числі обмотки реле РЕС49, РЕС79.

Опір мідного провідника обмотки лінійно залежить від температури і є досить стабільною в часі величиною. Якщо його величина відома при температурі T_0 (наприклад, при 20°C), то для температури T опір визначають за формулою:

$$R(T) = R(T_0)[1 + 0,004(T - T_0)] \quad (3.21)$$

де T_0 – еталонна температура;

$R(T_0)$ – опір при температурі T_0 ;

Конструктивне оформлення давача може бути подібним вказаному на рис. 3.16.

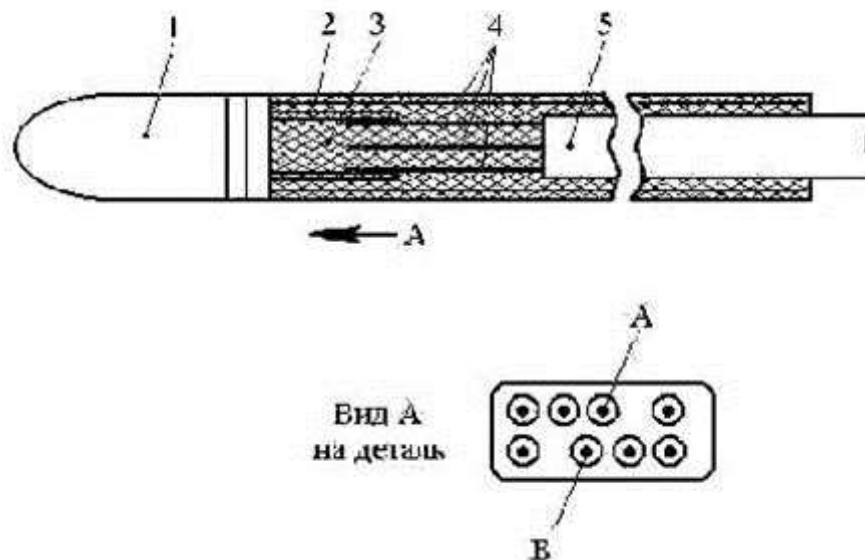


Рисунок 3.16 - Давач температури

До виводів А і Б реле 1 потрібно припаяти багатожилінні ізольовані з'єднувальні провідники 4 (наприклад, МГТФ), пропустивши їх через трубку-тримач 2, залиту епоксидною смолою 3. Щоб уникнути витікання

рідкої смоли, місця нещільного прилягання трубки 2 до реле 1 потрібно герметизувати.

Перед заливкою необхідно на звитий джгут провідників надягнути гнучку поліхлорвінілову трубку 5. Вона захистить не тільки від шкідливих атмосферних чинників, але й від обривів провідників при частих перегибах, особливо в місці виходу з трубки 2. Згинати виходи реле або обрізати ті, які не використовуються, забороняється. Цим можна пошкодити скляні ізолятори, а волога, яка проникне всередину герметичного корпусу, викличе корозію, а з часом – обрив надтонкого провідника обмотки.

На ОП DA1.1, DA1.2 і польових транзисторах VT1, VT2 зібрані два стабілізатори струму 1 мА. Їх ідентичність забезпечується подачею спільної напруги від ділильника R1, R2 і рівністю опорів резисторів зворотнього зв'язку R3 і R4. Струм стабілізатора на ОП DA1.1 протікає через давач RK1 і два з'єднувальних провідники, підключених до контактів 1 і 3 роз'єму X1. Струм стабілізатора на ОП DA1.2 протікає через опір (резистор R5), а також два провідники, підключених до контактів 2 і 3. Оскільки результатом вимірювання є різниця напруг на витоках транзисторів VT1 і VT2, рівні спади напруг на провідниках і контактах роз'єму при відніманні взаємно знищуються.

Номинал резистора R5 трохи менший опору давача RK1 при мінімальній вимірюваній температурі, тому їй відповідає майже нульовий вихідний сигнал перетворювача. Якщо використовується давач із значенням опору, що значно відрізняється від 1850 Ом, необхідно за (формулою 3.10) обчислити його опір при температурі нижньої границі інтервалу вимірювання і взяти в якості номінала R5 найближче менше значення з ряду E24. За цим рядом випускають резистори з допустимим відхиленням не більше $\pm 5\%$, але використовувати потрібно прецизійний, наприклад, С2-29В, з допуском $\pm 1\%$ і менше. Тільки такий резистор забезпечить мінімальний вплив вимірної температури в місті встановлення пристрою на його показники.

Операцію віднімання виконує прецизійний диференційний підсилювач постійного струму на ОП DA2.1, DA2.2 [8, 11, 12, 13]. Необхідна строга рівність опорів резисторів R8 – R11, тому їх слід підбирати з допусками не більше $\pm 0,1.. \pm 0,25\%$, аналогічні допуски повинні мати і резистори R3, R4.

Коефіцієнт підсилення диференційного підсилювача встановлюють таким, щоб верхній границі вимірювання температури відповідала максимально можлива для ОП вихідна напруга – приблизно 4,4 В.

Необхідне значення коефіцієнта підсилення знаходять за формулою:

$$G = \frac{4.4}{0.004 \cdot R_0 \cdot i_0 (T_{MAX} - T_{MIN})}, \quad (3.22)$$

де R_0 - опір давача при кімнатній температурі, кОм;

$I_0 = 1\text{мА}$ – номінальний струм через давач і резистор R5;

T_{MAX} , T_{MIN} – відповідно верхня і нижня межа інтервалу вимірювання, °С.

Встановивши рівні номінали резисторів R8 – R11 (їх можна вибирати будь-якими від двох до десяти кОм), обчислюємо номінал резистора R6 за формулою:

$$R6 = \frac{R8}{0.5G - 1}, \quad (3.23)$$

де $R8$ – опір резистора R8;

G – коефіцієнт підсилення.

Вимоги до точності номіналу цього резистора не є дуже високими, похибки можуть бути компенсовані програмно. Але як і інші резистори вимірювального вузла, він повинен бути термостабільним.

3.4.7 Давач тиску

Давач тиску BP1, типу MPX4115AP, виробляється фірмою Motorola спеціально для електронних барометрів і манометрів. В інтервалі 0,15..1,15

мПа (112,5..862,5 мм рт. ст.) залежність вихідної напруги від тиску лінійна з нормованим нахилом. Але зміщення нуля характеристик різних екземплярів давачів доходить до 20 мм рт. ст. Компенсація зміщення в даному пристрої здійснюється через програму мікроконтролера.

Якщо в готовому пристрої покази манометра не стабільні, частіше за все спричиняють до цього завади, наведені на вихідний ланцюг давача ВР1.

3.4.8 Модуль індикації

Модуль індикації, електрично-принципова схема якого показана в графічній частині кваліфікаційної роботи, призначений для відображення на табло отриманих величин.

Між семисегментними світлодіодними індикаторами таймера (години НГ1,НГ2 і хвилини НГ3,НГ4) знаходяться світлодіоди НЛ3 і НЛ4, що мигають з частотою 0,5 Гц. Індикатори НГ5 – НГ7 призначені для індикації температури, НГ8 і НГ9 – показують величину її вимірювання ($^{\circ}\text{C}$). Завдяки резистору R2 між розрядами одиниць і десятих частин градуса світиться десяткова кома.

На нижню групу індикаторів контролер виводить значення тиску, одиниці вимірювання якого (мм) індиковані на спареному шістнадцятисегментному індикаторі. Потрібно врахувати, що індикаторами НГ8, НГ9, НГ13 контролер не керує. Потрібні символи запрограмовані з'єднанням катодів сегментів цих індикаторів зі спільним провідником через резистори R4-R16.

Зліва від індикатора НГ5 (розряд десятків градусів) горизонтально розміщено плоский світлодіод НЛ1 – знак “мінус”.

Друкована плата модуля – двостороння з фольгованого склотекстоліту товщиною 1,5 мм.

Роз'єм ХР1 (PLD-24, ідентичний роз'ємові ХР3 контролера) і всі резистори монтують з одного боку плати. Індикатори НГ1-НГ13 і світлодіоди НЛ1-НЛ4 – з протилежного боку, попередньо покрасивши

темною фарбою її поверхню і місця пайки штирів роз'єму і виводів резисторів. Це покращує зовнішній вигляд пристрою, створюється вигідний фон для індикаторів і приховуються елементи пристрою.

В даному виконанні використовуються світлодіоди та індикатори виробництва фірми Kingbright, але також якість роботи пристрою не погіршиться з використанням елементів інших виробників, в тому числі і вітчизняних.

Бажано використовувати світлодіоди з дифузним розсіюванням світла (з матовою лінзою). Щоб виключити непотрібне освітлення елементів конструкції пристрою, бокові поверхні світлодіодів HL1 і HL2 потрібно покрити непрозорою фарбою.

3.4.9 Модуль живлення

Модуль живлення, який використовується в схемі, виробляє чотири напруги: +5В (А) і -5В – для живлення аналогових вузлів пристрою; +5В (Ц) – для цифрових вузлів; пульсовану (невідфільтровану) напругу +12В – для індикаторів. Напруга з відповідних обмоток трансформатора Т1 після випрямлення діодними мостами VD1-VD4 надходить (крім напруги +12В) на фільтруючі конденсатори С1-С3 та інтегральні стабілізатори DA1-DA3. В модулі є три виводи спільного провідника: Общ.(А) – аналоговий, Общ.(Ц) – цифровий; Общ(И) – для індикаторів. Вони з'єднані між собою тільки в одній точці на платі модуля живлення, а в усіх інших модулях – електрично не пов'язані. Таке рішення забезпечує зниження величини завад, що створюються цифровими вузлами модуля контролера.

Трансформатор Т1 –ТП112-19 з кільцевим магнітопроводом, на який в доповнення до обмоток І-ІІІ намотані ще дві: IV (80 витків провідника ПЕВ-2 0,2 мм) і V (120 витків провідника ПЕВ-2 0,5 мм). Можна використовувати інші трансформатори габаритною потужністю не менше 15 Вт з необхідним числом вторинних обмоток (ІІ-IV – по 7..9 В/0,05 А; V – 12..15 В/0,5 А).

Друкована плата модуля живлення – одностороння з кількома провідниковими перемичками. Інтегральні стабілізатори DA1 і DA3 можна замінити будь-якими зарубіжними чи вітчизняними аналогами на використовувану напругу 5В (KP1158EH5, 78L05, LM2931AZ-5.0), DA2 – на таку ж від’ємну напругу (79L05, LM2990T-5.0). Оксидні конденсатори – K50-35 або їхні імпорتنі аналоги. Діоди VD5, VD6 – будь-які малопотужні (при можливості бажано встановити діоди з ефектом Шоткі або германієві).

3.4.10 Калібрування термометра і манометра

Наведені значення похибок вимірювань характеризують потенційні можливості апаратної частини приладу. Дійсні похибки вимірювання температури і тиску в значній мірі залежать від точності та акуратності виконання калібрування.

В процесі виконання цієї операції визначають і записують в пам’ять приладу точні значення коефіцієнтів, що використовуються для перерахунку зчитаних з регістрів АЦП безрозмірних чисел в значення фізичних величин у відповідних одиницях. Для кожної з величин – температури T і тиску P – необхідні по два параметри – зміщення нуля (Z_T , Z_P) і крутизна (K_T , K_P) характеристики.

Як відомо, мікроконтролер виконує математичні дії тільки з цілими числами, а параметри (K_T , K_P), як правило, дробові. Тому програма фактично працює з їх значеннями, помноженими на 1024. Саме вони зберігаються в комітках ОЗП мікроконтролера. Кінцевий результат обчислення температури чи тиску отримують шляхом масштабування – діленням попереднього результату на 1024.

Для розрахунку параметрів достатньо двох калібровочних точок. Чим ближче до країв найбільш часто використовуваного інтервалу температури чи тиску вони розміщені, тим краще. Для того, щоб відкалібрувати термометр, у вибраних точках повинні бути відомі його показники до

калібрування (T_1 , T_2) і показники шаблонного термометра (T_{01} , T_{02}). Тоді нові значення K_T і Z_T обчислюють за формулами (3.24, 3.25):

$$Z_T = \frac{Z_{TO}(T_{01} - T_{02}) + 1024 \frac{T_2 T_{01} - T_1 T_{02}}{K_{TO}}}{T_{01} - T_{02}}, \quad (3.24)$$

де K_{TO} і Z_{TO} – старі значення параметрів;
 T_{01} , T_{02} – покази шаблонного термометра;
 T_1 , T_2 – покази до калібрування.

$$K_T = \frac{T_{01}}{1024 \frac{T_1}{K_{TO}} + Z_{TO} - Z_T}, \quad (3.25)$$

де K_{TO} і Z_{TO} – старі значення параметрів;
 T_{01} , T_{02} – покази шаблонного термометра;
 T_1 , T_2 – покази до калібрування.

В якості показового для калібрування найкраще підходить ртутний термометр. Похибка побутових спиртових термометрів занадто велика. Запустивши програму Lclock, давач температури і показовий термометр опускають в гарячу воду. Витримавши їх там не менше п'яти хвилин для стабілізації показників, натискають клавішу “Temperature – Automatic Calc – Calc&Set” у відповідному вікні програми, вводять зчитане зі шкали показового термометра значення у вікно “First Point” і натискають клавішу Enter. В цей момент програма автоматично запише і показники давача температури.

Після цього переносять давач і термометр в холодну воду з температурою, що відрізняється від попередньої на 20 і більше градусів. Після стабілізації показників і вводу їх у вікно “Second Point” нові значення коефіцієнтів K_T і Z_T будуть обчислені і записані в ОЗП приладу.

Калібрування манометра виконують аналогічним чином. Формули розрахунку K_P і Z_P аналогічні наведеним вище для обчислення K_T і Z_T . Значення температури T в них замінюють на значення тиску P . Однак калібрування ускладнює те, що прилади для точного вимірювання тиску є

тільки в професійно обладнаних лабораторіях. В якості початкових використовуються дані з Інтернету, радіо- та телевізійних метеорологічних служб. На жаль, вони часто є неточними, крім цього, їх корегують із запізненням. Тому, для максимальної точності даних необхідно не обмежуватись даними якоїсь однієї служби, а переглянути повідомлення декількох, корегуючи, відкидаючи явні помилки та усереднюючи отримані значення.

Перед тим як запускати програму Lclock для калібрування манометра, необхідно дочекатись, доки тиск не стане достатньо низьким чи, навпаки, високим. Вводиться істинне значення тиску в вікно “First Point”, перед тим натиснувши клавішу “Pressure – Automatic Calc – Calc&Set”. Ця величина буде записана в дисковий файл разом з показниками давача тиску.

При повторному запуску програми Lclock потрібно знову натиснути на клавішу “Pressure – Automatic Calc – Calc&Set” і ввести фактичне значення тиску в вікно “Second Point”. Після цього буде проведений автоматичний розрахунок і запис в ОЗП приладу відкорегованих параметрів K_p і Z_p , при чому дані про першу калібровочну точку програма прочитає із файла.

Результати калібрування контролер зберігає в ОЗП, тому при повному відключенні напруги живлення вони будуть втрачені. Щоб уникнути цього рекомендується після проведення калібрування натиснути клавішу “Save as default”, і встановлені значення коефіцієнтів (а також коефіцієнт поділу частоти кварца) будуть збережені в дисковому файлі. Для відновлення втрачених значень достатньо буде натиснути клавішу “Set default coeff.”. Можна і просто записати отримані значення на папері, а при необхідності ввести їх у відповідні вікна.

Якщо заміна давачів в процесі експлуатації не передбачається, можна заставити контролер приймати результати раніше проведеного калібрування параметрів по замовчуванню. Найбільш правильний спосіб це зробити – виміряти відповідні константи в асемблерному тексті програми,

зкомпілювати його і наново запрограмувати мікроконтролер. Не втручаючись в початковий текст, ту ж операцію можна виконати і простими змінами деяких байтів безпосередньо в hex-файлі (додаток А).

В кожному рядку hex-файла, що був змінений необхідно відкорегувати останній байт – контрольну суму. Математично склавши значення всіх, крім останнього, байтів рядка, віднімають суму з найближчого більшого степеня числа 2. Молодший байт отриманої різниці і буде новою контрольною сумою.

3.4.11 Опис роботи системи

Робота програми після включення живлення починається з ініціалізації мікроконтролера – встановлення режимів роботи таймерів, системи переривань, портів вводу-виводу, UART, а також запису в регістри і пам'ять даних вихідних значень змінних. Після цього запускається безкінечний цикл очікування прийому команд через послідовний інтерфейс.

За щосекундним перериванням від таймера 1 йде відрахунок часу. За перериваннями від таймера 0 працює процедура динамічного управління виводом інформації на світлодіодні індикатори, відбувається зчитування результатів роботи АЦП. Період переривань від таймера становить 0 – 0,5 мс, тому інформація у всіх розрядах індикатора поновлюється кожні 5 мс. Наступний відрахунок АЦП отримують при опрацюванні кожного 32-го переривання від таймера 0. Отримані за 1024 мс 64 відрахунки одного з параметрів (температури, тиску чи напруги) додають, отриману суму ділять на 64, а отримане усереднене значення зберігають в ОЗП для подальших розрахунків. Наступні 1024 мс АЦП вимірює наступний параметр. Таким чином, повний цикл опитування датчиків – трохи більше трьох секунд. Після цього мікроконтролер виконує процедури розрахунку фізичних значень вимірюваних величин і готує їх до виводу на індикатор.

Число X , яке виводиться на індикатор мікроконтролер обчислює за формулою:

$$X=K(N-Z), \quad (3.26)$$

де K – крутизна характеристики;

N – виміряне значення;

Z – зміщення нуля.

При чому коефіцієнти K і Z при обчисленні температури та тиску є різними. Їх значення “зашиті” в програмному коді і переносяться з нього в ОЗП під час ініціалізації. При необхідності коефіцієнти можна “підігнати” під реальні характеристики давачів за допомогою підключеного до приладу комп’ютера. Нові значення діють до відключення живлення мікроконтролера, зберігання їх в енергозалежній пам’яті не передбачається.

Мікропроцесорна система по отриманих значеннях тиску на тісто в камері і температури тіста в бункері формує керуючі сигнали. В даному випадку перевищення допустимих значень вимірюваних величин призводить до опускання заслонки електромагнітом на вивідний конвеєр. Гранично-допустимі значення параметрів тіста в бункері тісторозділювальної машини встановлюються емпіричним шляхом для різних типів тіста і запам’ятовуються в енергонезалежній пам’яті мікроконтролера.

Ввід значень здійснюється з клавіатури. Заготовки, параметри яких не відповідають потрібним, під дією заслонки та руху конвеєра зкочуються у відбраковочну діжу. Кут між заслонкою і напрямком руху конвеєрної стрічки на повинен перевищувати кут залипання і встановлюється для різних типів тіста регульовальним механізмом. У випадку перевищення кута тістозаготовки будуть нагромаджуватись і порушать роботу всієї системи. Після заповнення діжі тістом, відбраковану сировину відправляють на повторну механічну переробку. Після встановлення необхідних технологічних параметрів тіста система дає необхідний сигнал керування і електромагніт із встановленою затримкою піднімає заслонку. Також заміною одного з логічних блоків електрично-принципової схеми на даний комплект, до системи додаються обов’язки вимикання привода

тісторозділювача у випадку пониження рівня тіста нижче заданої межі і вимикання привода діжеперекидачі у випадку переповнення бункера.

3.5 Проєктування та розрахунок зубчастої пари редуктора

Для проведення покращення характеристик роботи тісторозділювальної машини необхідно провести розрахунок прямозубої циліндричної тихохідної зубчастої пари редуктора.

Обертовий момент на валу колеса знайдемо, виходячи з потрібної потужності електродвигуна і кутової швидкості обертання, за формулою:

$$M = \frac{30N}{\pi n} \quad (3.27)$$
$$M = \frac{30 \cdot 3 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 90} = 318 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Міжосьову відстань визначаємо за формулою:

$$A_T = (i + 1) \sqrt[3]{\left(\frac{340}{[\sigma]_K}\right)^2 \cdot \frac{M_{рш}}{\psi_A \cdot i \cdot k_n}} \quad (3.28)$$

де $i=4$;

$M_{рш}$ – розрахунковий момент на шестерні, K обираємо 1,5,
 $M_{рш}=KM=1,5 \cdot 318=477 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

ψ_A – коефіцієнт ширини, приймаємо 0,4;

k_n – прямозуба передача.

$$A_T = (4 + 1) \sqrt[3]{\left(\frac{340}{550}\right)^2 \cdot \frac{477 \cdot 10^3}{0,4 \cdot 4 \cdot 1}} = 233$$

Приймаємо модуль зчеплення

$$m=(0,01..0,02)A_T=2,25..4,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо за ДСТУ $m=4 \text{ мм}$.

Число зубів шестерні

$$z_{ш} = \frac{2A_T}{m(1+i)} = \frac{2 \cdot 225}{4(1+4)} = 25$$

Число зубів колеса $z_k = i \cdot z_{ш} = 100$

Основні розміри зубчастої пари:

$$d_{дш} = m z_{ш} = 4 \cdot 25 = 100$$

$$d_{дк} = m z_k = 4 \cdot 100 = 400$$

$$B_{ш} = B + 5 = 100 + 5 = 105$$

$$B_k = \psi_A A_T = 0.4 \cdot 225 = 90$$

Швидкість обертання колеса

$$v_k = \frac{\pi d_{дш} n_{пром}}{60} = \frac{3.14 \cdot 0.1 \cdot (1440/4)}{60} = 1.89 \text{ м/с}$$

Уточнений коефіцієнт навантаження для зубчастих коліс з 9 класом точності знаходимо за формулою:

$$K = K_{кц} K_{дин} \quad (3.29)$$

де $K_{кц} = 1.3$, $K_{дин} = 1.5$

$$K = 1.3 \cdot 1.5 = 1.95$$

Перевіряємо розраховане контактне напруження при прийнятих розмірах передачі і уточненій величині коефіцієнта навантаження:

$$\sigma_k = \frac{340}{A} \sqrt{\frac{M \cdot K(i+1)^3}{B i k_n}}$$

$$\sigma_k = \frac{340}{225} \sqrt{\frac{318000 \cdot 1.95(4+1)^3}{100 \cdot 4 \cdot 1}} = 615 \text{ Н} \cdot \text{мм}^2 > [\sigma]_k$$

Перевищення напруження становить

$$\frac{\sigma_k - [\sigma]_k}{[\sigma]_k} 100\% = \frac{615 - 550}{550} 100\% = 12\%$$

Отримане значення є не допустимим. З метою зменшення динамічних навантажень призначаємо для передачі 8 ступінь точності.

$$K_{кц} = 1.25, K_{дин} = 1.4$$

$$K = 1.25 \cdot 1.4 = 1.75$$

Контактне навантаження

$$\sigma_K^I = \sigma_K \sqrt{\frac{K^I}{K}}$$

$$\sigma_K^I = 615 \sqrt{\frac{1.75}{1.95}} = 583 \text{ Н/мм}^2$$

Проводимо перевірку:

$$\frac{583 - 550}{550} 100\% = 5\%$$

Отримане значення цілком відповідає нормам.

4 Науково-дослідна частина

Аналіз виробничих потужностей та програми випуску продукції на підприємстві

Згідно обраного обладнання проведемо уточнення виробничої потужності та програми випуску продукції підприємством.

Хлібозавод працює в однозмінному режимі, оскільки за такого режиму роботи може забезпечити замовників хлібобулочними виробами. Встановлена норма випічки подового житнього-пшеничного хліба становить 5,6 т/зміну, тобто 700 кг/год.

Потужність виробництва за зміну можна визначити згідно формули (4.1):

$$M_m = \frac{\pi}{\phi_p \cdot l_k}, \quad (4.1)$$

де π - об'єм випічки хлібобулочних виробів у рік, кг;

ϕ_p - дійсний річний час роботи обладнання в цеху, год;

l_k - кількість змін в добу.

При шестиденному робочому тижні із врахуванням святкових і вихідних днів номінальний фонд роботи працівників згідно формули (4.2) становить:

$$\phi_{н.о.} = (N - N_1)t_{зм}, \quad (4.2)$$

де N - кількість днів у році ($N=365$ днів);

N_1 – кількість неробочих днів ($N_1=60$ днів);

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$\phi_{н.о.} = (365 - 60) \cdot 8 = 2440 \text{ год.}$$

Дійсний фонд часу роботи за 1 рік, визначається за формулою (4.3):

$$\phi_{д.р.} = \phi_{н.о.} - (10 \div 12 \phi_{н.о.}) \quad (4.3)$$

де $\phi_{н.о.}$ - номінальний фонд роботи працівників.

$$\phi_{д.р.} = 2440 - (0,1 \cdot 2440) = 2196 \text{ год}$$

Номінальний фонд часу роботи обладнання протягом року, знаходиться також згідно формули (4.2):

$$\phi_{н.обл.} = (365 - 60) \cdot 8 = 2440 \text{ год.}$$

Дійсний часу роботи обладнання на протязі 1 року, визначається за формулою (4.4):

$$\phi_p = \phi_{н.о.} \cdot (1 - (a_1 + a_2)) \quad (4.4)$$

де $\phi_{н.о.}$ - номінальний фонд роботи обладнання;

a_1 і a_2 - коефіцієнти, що враховують витрати на простой для ремонту і налагодження (рівні відповідно 0,05 і 0,07).

$$\phi_p = 2440(1 - (0.05 + 0.07)) = 2147 \text{ год}$$

Визначаємо потужність хлібозаводу в зміну згідно формули (4.1):

$$M_m = \frac{2130000}{2147 \cdot 1} = 992 \text{ кг/год}$$

Продуктивність технологічного обладнання визначається з технічних характеристик, а у випадку модернізації машини визначається згідно формул. Отримані значення подано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Продуктивність технологічного обладнання цеху по випіканні хліба.

№ п/п	Назва обладнання	Продуктивн. кг/год
1	Вертикальний просіювач	1250
2	Дозатор борошна МД-100	1000
3	Машина тістомісильна А2-ХТ2-Б	870
4	Тістоділильна машина А2-ХТН	750
5	Тістоокруглювальна машина Т1-ХТН	750
6	Діжеперекидач одногвинтовий А2-ХП2-Д	1300
7	Розстойно-пічний агрегат Р-2-59м	750

Оскільки в даній кваліфікаційній роботі проводиться модернізація тісторозділювальної машини, то потрібно провести перерахунок продуктивності тісторозділювача. Продуктивність лопатевого тісторозділювача обчислюють згідно формули (4.5):

$$П = \pi \cdot A^2 \cdot B \cdot n \cdot \rho \cdot k, \text{ кг/с} \quad (4.5)$$

де А-довжина лопаті нагнітання;

В-ширина лопаті нагнітання;
n-частота обертання лопатей;
ρ-густина продукту;
k-коефіцієнт відбору.

З формули (4.5) видно, що проведені заходи модернізації та автоматизації не впливають на показник продуктивності, оскільки автоматизується процес відбору продукції, що може бути забракована, а не сам процес розділення тіста на частини, тобто параметри лопатей залишаються тими ж, що і були до автоматизації. Отже, продуктивність тісторозділювача залишається 700 кг/год для заготовок масою 0.9 кг.

Визначення потрібної кількості технологічного обладнання на хлібозаводі для випіканні заданої програми подового хліба проводиться для перерахованих типів основних машин за формулою (4.6).

$$N_1 = \frac{\Pi_{\text{л}}}{\Pi_{\text{об}}} \quad (4.6)$$

де $\Pi_{\text{л}}$ -продуктивність лінії, кг/год.

$\Pi_{\text{об}}$ -продуктивність обладнання, кг/год.

Величина складу для борошна повинна бути такою, щоб забезпечувати підприємство протягом 7 робочих днів. При розрахунку об'ємну масу борошна приймають рівно $\rho = 0,55 \text{ т/м}^3$.

Об'єм борошна, яке потрібно зберігати на складі визначаємо згідно формули (4.7):

$$V = \frac{M_c \cdot \eta}{\rho} \quad (4.7)$$

де M_c -добовий розхід борошна, т;

η -термін зберігання борошна;

ρ -об'ємна маса борошна, т/м³.

Для випічки подового житньо-пшеничного хліба використовують два сорти борошна: житнє і пшеничне I гатунку.

Визначаємо загальний об'єм борошна для 7-добового запасу за формулою (4.7):

$$V_{\text{заг}} = \frac{5.6 \cdot 7}{0.55} = 71,3 \text{ м}^3$$

При цьому слід врахувати, що борошно різних видів та гатунків повинне зберігатися в окремих ємностях, змішування борошна до початку технологічного процесу випікання на рекомендоване.

Просіювальне відділення повинне включати машини, що будуть використовуватися окремо для пшеничного і житнього борошна. Продуктивність просіювача вказана в технічній характеристиці машини і становить 1250 кг/год для пшеничного борошна і 1000 кг/год для житнього борошна.

Визначаємо необхідну кількість просіювачів борошна за формулою (4.6).

$$N_1 = \frac{700}{1250} = 0.56$$

Як видно з отриманого результату, один просіювач може забезпечити виробництво борошна, але з врахуванням вимоги про роздільність типів борошна приймаємо два просіювачі, один для житнього борошна, другий для пшеничного. Відповідно використовуються два дозатори МД-100 для пшеничного і житнього борошна.

Визначаємо необхідну кількість машин для замісу тіста. Продуктивність місильної машини А2-ХТ2-Б 870 кг/год.

$$N_2 = \frac{700}{800} = 0,875$$

Приймаємо одну тістомісильну машину А2-ХТ2-Б.

Визначаємо необхідну кількість тістоділильних машин.

Продуктивність тістоділильної машини А2-ХТН 750 кг/год.

$$N_3 = \frac{700}{750} = 0,933$$

Приймаємо один тісторозділювач А2-ХТН. Завантаження тістоділильної машини забезпечує діжеперекидач А2-ХП2-Д1. Оскільки машина А2-ХТН використовується одна, то і діжеперекидач потрібен один.

Визначаємо необхідну кількість тістоокруглювачів. Продуктивність тістоокруглювальної машини Т1-ХТН 750 кг/год.

$$N_3 = \frac{700}{750} = 0,933$$

Приймаємо один тістоокруглювач Т1-ХТН.

Визначаємо необхідну кількість розстойно-пічних агрегатів Р-2-59м.

Продуктивність машини Р-2-59м 750 кг/год.

$$N_3 = \frac{700}{750} = 0,933$$

Отже використовуємо один агрегат Р-2-59м.

Після визначення кількості необхідного технологічного обладнання проводиться вибір транспортних засобів.

Основною сировиною на хлібозаводі являється борошно. Воно завозиться борошновозами в бункери для безтарного зберігання. Допоміжну сировину (дріжджі, сіль, цукор та інші) завозять автомашинами.

В хлібосховищах готовий хліб зберігається в контейнерах. Контейнер представляє собою рамну зварну конструкцію із сталених труб прямокутного січення 28×25мм, а також нижню в верхню рамки, що зв'язані між собою вертикальними стійками. Для лотків до стійок приварені попарно 18 опор із кутників 36×36×3мм, під кутом 6° в середину контейнера. Лотки розміром 740×450мм встановлюють на опори. Для перевезення контейнерів призначені автохлібовози із закритим кузовом, оснащені кріпленнями для контейнерів і механізмом для завантаження і вивантаження. В контейнер хліб завантажується вручну, при цьому його складають на лотки, що встановлені в контейнері. Переміщують контейнер вручну.

Визначимо потрібну кількість лотків, що потрібні для зберігання подового житнього-пшеничного хліба за формулою (4.8):

$$Л = \frac{P_r}{n \cdot g} \quad (4.8)$$

де P_r – випічка хлібних виробів, кг/год;

n – число виробів на лотку, шт;

g – маса виробу, кг;

$$Л = \frac{700}{10 \cdot 0,9} = 77,8 \quad \text{шт/год.}$$

Приймаємо 78 лотків.

Домноживши на 8 год, отримаємо кількість лотків, що потрібно на зміну:

$$Л_3 = 78 \cdot 8 = 624 \text{ шт.}$$

Визначаємо кількість контейнерів за формулою (4.9):

$$N = \frac{Л_3}{k_k} \quad (4.9)$$

де k_k – кількість лотків в контейнері, шт.

$$N = \frac{624}{18} = 34,7$$

Отже для транспортування продукції, виготовленої за зміну потрібно 35 контейнерів.

5 Спеціальна частина. Розроблення керуючих програм для системи управління

5.1 Програмування мікроконтролера

Алгоритм роботи автоматизованої системи контролю тістових заготовок подано на рис. 5.1, а циклограму роботи вузлів та механізмів автоматизованої лінії на рис. 5.2.

Система контролю разом із давачами реалізує автоматичне двопозиційне регулювання рівня тіста в бункері машини. Граничні значення рівня визначаються положенням датчиків верхнього та нижнього рівнів. У випадку, коли рівень тіста опускається нижче електрода нижнього рівня, спрацьовує реле, і в бункер починає подаватися нова порція тіста. Коли ж рівень піднімається вище електрода верхнього рівня, реле вимикається, і подача тіста припиняється до появи чергового сигналу від датчика нижнього рівня. Крім цього, система контролю параметрів тістових заготовок у бункері тісторозділювача забезпечує автоматичне вибраковування заготовок, характеристики яких не відповідають встановленим технологічним нормам.

Текст програми для мікроконтролера написано на AVR-асемблері. Вміст hex-файла, отриманого в результаті трансляції програми, приведено в додатку А. Ці приведені дані необхідно завантажити в пам'ять програм мікроконтролера Atmel AT90LS8535.

Робота програми після включення живлення починається з ініціалізації мікроконтролера – встановлення режимів роботи таймерів, системи переривань, портів вводу-виводу, UART, а також запису в регістри і пам'ять даних вихідних значень змінних. Після цього запускається нескінечний цикл очікування прийому команд через послідовний інтерфейс.

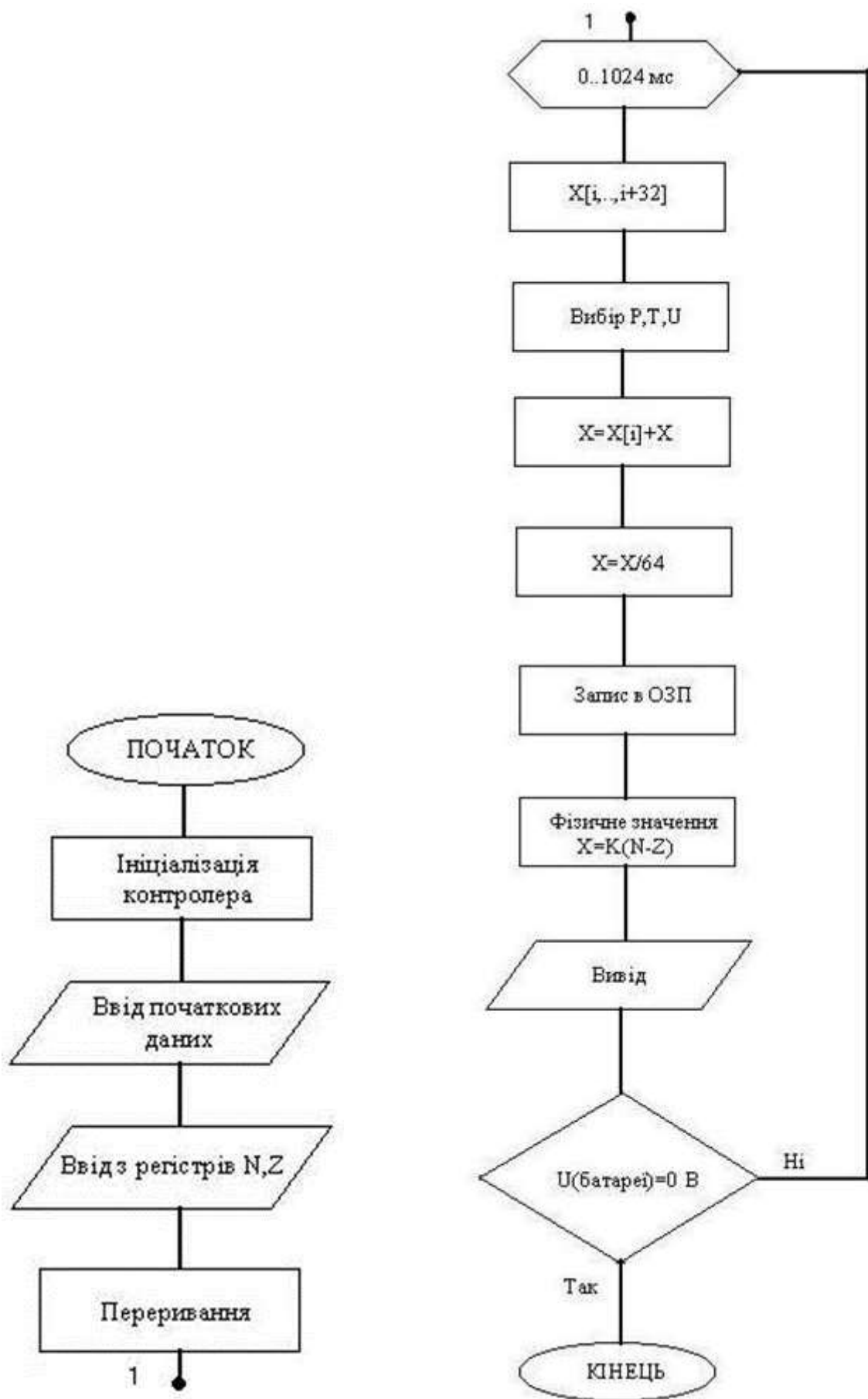


Рисунок 5.1 - Алгоритм роботи автоматизованої системи контролю

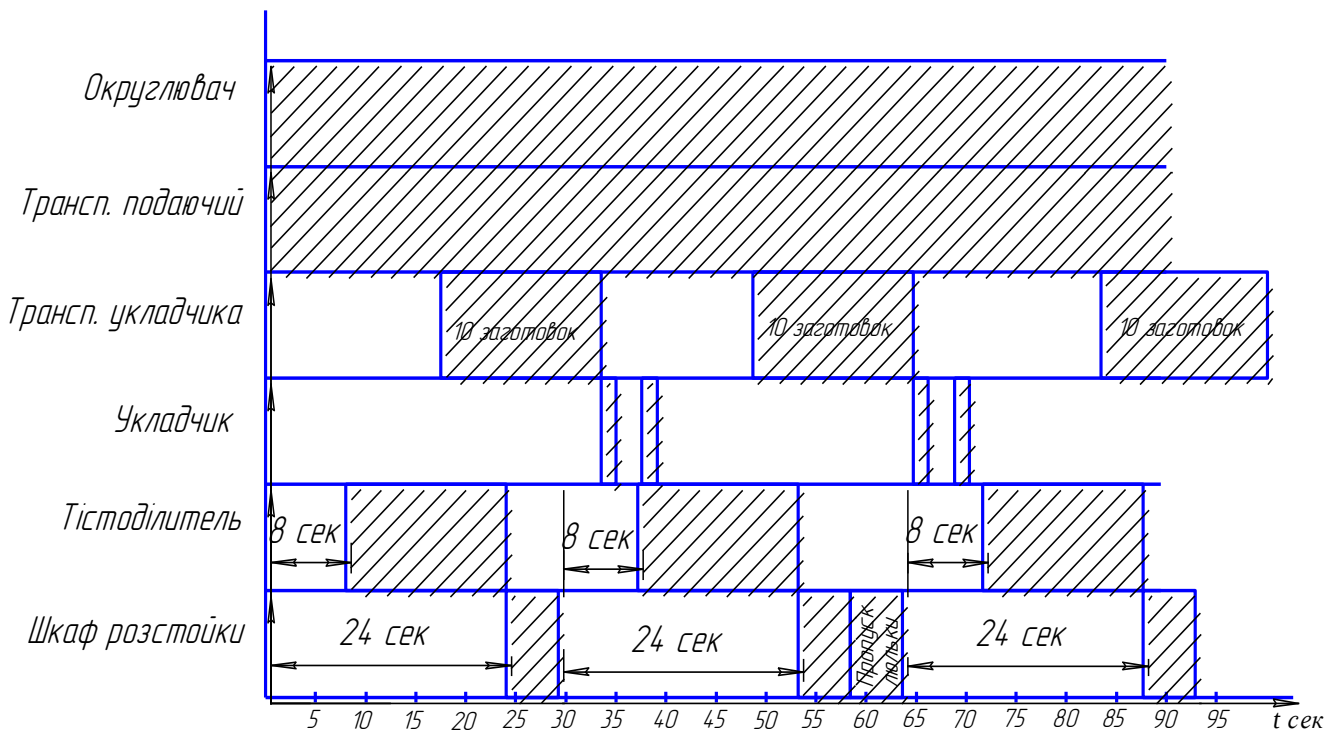


Рисунок 5.2 - Циклограма роботи вузлів та механізмів автоматизованої лінії

За щосекундним перериванням від таймера 1 йде відрахунок часу. За перериваннями від таймера 0 працює процедура динамічного управління виводом інформації на світлодіодні індикатори, відбувається зчитування результатів роботи АЦП.

Період переривань від таймера становить 0 – 0,5 мс, тому інформація у всіх розрядах модуля індикації поновлюється кожні 5 мс. Наступний відрахунок АЦП отримують при опрацюванні кожного 32-го переривання від таймера 0. Отримані за 1024 мс 64 відрахунки одного з параметрів (температури, тиску чи часу) додають, отриману суму ділять на 64, а отримане усереднене значення зберігають в ОЗП для подальших розрахунків.

Наступні 1024 мс АЦП вимірює наступний параметр. Таким чином, повний цикл опитування датчиків – трохи більше трьох секунд. Після цього мікроконтролер виконує процедури розрахунку фізичних значень виміряних величин і готує їх до виводу на індикатор.

Число X , яке виводиться на індикатор, мікроконтролер обчислює за

формулою:

$$X=K(N-Z) \quad (5.1)$$

де K – крутизна характеристики;

N – виміряне значення;

Z – зміщення нуля.

При чому коефіцієнти K і Z при обчисленні температури та тиску є різними. Їх значення “зашиті” в програмному коді і переносяться з нього в ОЗП під час ініціалізації. При необхідності коефіцієнти можна “підігнати” під реальні характеристики давачів за допомогою підключеного до приладу комп’ютера.

Крутизна характеристики температури становить приблизно 9 одиниць коду на градус. Для температури додатково вводиться знак, і значення числа ділиться на 10, тобто реально в мікроконтролері існує і видається назовні тризначне ціле число без знака, який визначається окремо.

Крутизна характеристики визначає масштаб для приведення величини коду до фізичних величин з точністю до порядку. Реально це дробове число, близьке до 1, для введення в мікропроцесор величина цього коефіцієнта збільшується на величину 1024 і округляється до цілого (отримане число і відображається у вікнах програми).

Фізичний зміст Z (зміщення нуля) для температури - це значення коду, при якому давач знаходиться при нульовій температурі. Для тиску - це просто систематичне зміщення початку шкали давача.

При ручному калібруванні нові значення K і Z вводяться у відповідні вікна програми і натискається кнопка "SET" у вікні програми lclock.exe. Дані будуть записані в RAM мікропроцесора, і починаючи з наступного циклу виміру нові значення показів будуть обчислюватися з врахуванням нових значень коефіцієнтів.

При автоматичному калібруванні коефіцієнти обчислюються по-

різному для температури і тиску.

Для встановлення коефіцієнтів температури проводиться калібровка, для чого встановлюють давач у воду з температурою T_1 . Калібрування проводиться при відкритій програмі для зовнішнього комп'ютера lclock.exe. Далі натискають кнопку "Calc&Set" на панелі "Temperature" і у вікно "Point1" вводиться значення температури, що показує еталонний термометр. Далі давач переносять у середовище з температурою T_2 , що не менш, ніж на 20 градусів, відрізняється від T_1 і вводять значення показів еталонного термометра у вікно "Point2". Після натискання Enter розрахунок буде зроблений автоматично, і нові значення запишуться в пам'ять мікроконтролера.

Для тиску одержання значень "Point1" і "Point2" розділене за часом. Для цього натискають кнопку "Calc&Set" на панелі "Pressure" і у вікно "Point1" вводять значення показів еталонного манометра. Після цього можна вийти з програми.

При натисканні на кнопку "Calc&Set" на панелі "Pressure" наступного разу дані по Point1 будуть зчитані зі створеного в попередньому випадку файлу "press.dat" і одразу здійснюється перехід у вікно "Point2". Тиск, вказаний на табло, повинен відрізнятися від попереднього мінімум на 10 мм.

В редактор "Point2" вводиться значення показів еталонного манометра. Після натискання Enter розрахунок буде зроблений автоматично, і нові значення запишуться в пам'ять мікроконтролера. У файл "press.dat" буде записана калібрована точка Point2, а сам він збережений під ім'ям "press.da0", так що наступного разу калібрування почнеться знову з точки Point1.

У файлі press.dat дані розташовані в текстовому виді: спочатку йде значення показів давача, потім введене значення для Point1 і далі, після того як буде обчислена друга точка, це ж повторюється для Point2.

В усіх випадках повернутися до старих значень K і Z, записаним у файлі Lclock.ini, можна через кнопку "Set defaults coeff". Для збереження

нових значень як значення за замовчуванням можна через кнопку "Save as defaults", при цьому старий ini-файл буде збережений під ім'ям "Lclock.in0".

Передбачені в мікроконтролері AT90LS8535 режими пониженого енергоспоживання (Idle, Power Down, Power Save) програмою не використовуються.

Передбачено приймання по інтерфейсу RS-232 і виконання шести команд, які приведені в таблиці 5.1. Комп'ютер, з COM-портом якого пристрій з'єднують нуль-модемним кабелем, подає команди передачею одного – трьох вказаних в таблиці байтів і приймає відповіді на них в режимі: швидкість обміну – 9600 біт, число бітових даних – 8, число стопових бітів – 1, контроль парності виключено.

Таблиця 5.1

Операція	Команда	Відповідь (Hex)
Записати <байт> в комірку <адреса>	A0<адреса> <байт>	AA – запис виконано
Прочитати <байт> з комірки <адреса>	A3<адреса>	<байт>
Прочитати знак температури	A4	00 – плюс, 01 – мінус
Встановити <години> і <хвилини>	A5<хвилини><години>	-
Встановити 0 с	A6	-
Встановити 59 с	A7	-

В таблиці 5.2 вказано адреси, по яких в ОЗП мікроконтролера зберігаються різні змінні і параметри. Приведено лише молодші байти адрес, які і вказують в командах згідно таблиці 5.1. Старшим байтом є 01H.

Таблиця 5.2 - Адреси зберігання змінних і параметрів

Адреса(Нех)	Вміст	Початкове значення
Коди, прочитані з АЦП		
00,01	Температура	-
02,03	Тиск	-
Результати розрахунку		
06,07	Температура	-
08,09	Тиск	-
Поточний час в двійковому форматі		
0C	Години	-
0D	Хвилини	-
Коди символів, що виводяться на індикатор		
0E,0F,10	Температура	-
11,12,13	Тиск	-
14,15	Години	-
16,17	Хвилини	-
Коефіцієнти		
1A,1B	D(подільник тактової частоти)	62968(0F5F8H)
20,21	Zt	461(1CDH)
22,23	Kt	1111(457H)
24,25	Zp	4
26,27	Kp	930(3A2H)

Примітка. Старші байти багаторозрядних чисел – в комірках з меншими адресами.

5.2 Програмування зовнішнього комп'ютера

Програма Lclock призначена для керування таймером, калібрування термометра і манометра. Для доступу до COM – портів комп'ютера використовується бібліотека відповідних функцій (файл comm.fnc).

Роз'єм порта COM1 (по замовчуванню, меню програми Lclock дозволяє при необхідності використовувати COM2) з'єднують стандартним кабелем. Далі запускається програма Lclock, при цьому необхідною вимогою є те, щоб файли comm.fnc, ilda32.dll (обов'язково) і Lclock.ini (необов'язково), а також файл довідки знаходилися в тій же директорії, що і запускний файл.

Якщо з'єднання немає (напис "Device not found"), варто спробувати встановити потрібний порт, COM1 чи COM2. Для повтору спроби з'єднання необхідно натискати "No", для виходу з програми - "Yes".

Кожні три секунди програма читає з пам'яті контролера таймера поточні значення часу, температури, тиску, виводячи значення, які дублюють покази світлодіодних індикаторів, у відповідні екранні вікна.

При включеному режимі "Record – On" отримані дані автоматично зберігаються в файлі sclock.ini. Ними можна скористатися для обчислення середніх за певний період значень температури і тиску, побудови графіків та інших обчислювальних операцій. По замовчуванню встановлено режим "Record – Off" і запис не ведеться.

Якщо в момент включення запису програма виявила, що файл sclock.ini. вже існує, вона доповнює його новими даними, в протилежному випадку – створює новий файл з таким іменем. При цьому у файл з ім'ям "clock.log" буде здійснюватися щохвилинний запис вимірюваних значень часу, температури середовища і тиску, а також часу і дати (системні дані з комп'ютера).

Файл "clock.log" створюється автоматично при першому включенні

запису і буде доповнюватися у випадку, якщо він вже існував.

Програма Lclock читає і виводить на екран також значення всіх коефіцієнтів, які використовуються мікроконтролером для розрахунків. Їх можна модифікувати вручну, вказавши у відповідних вікнах потрібні значення, або автоматично, виконавши одну з процедур калібрування ("Automatic Calc").

Коефіцієнти, які обираються при автоматичному режимі, "зашиті" в тексті програми мікроконтролера. Передбачене також встановлення поточного часу ("Set time") і корегування коефіцієнта поділу частоти тактового генератора мікроконтролера ("Set speed") для контролю ходу таймера.

Для безпосередньої установки вводяться потрібні значення годин і хвилин у відповідні вікна програми і натискається кнопка "Set". Для завантаження з комп'ютера просто використовують кнопку "Set from computer". В останньому випадку будуть встановлені показники, що відповідатимуть системному часу комп'ютера.

Кнопки "Reset sec" і "Set sec=59" призначені для точної синхронізації годинника. Вони встановлюють не відтворене на індикаторах та екрані значення секунд рівне відповідно 0 або 59.

За допомогою такого способу можна встановити на одну хвилину більше поточного часу. Інший спосіб - встановити значення хвилин, рівне поточному, а в момент зміни хвилин на еталонному годиннику натиснути "Set sec=59".

Корекція коефіцієнта розподілу кварцу для точного підстроювання ходу годинника може відбуватися у визначених межах. Якщо годинник спішить, то коефіцієнт розподілу треба збільшувати і навпаки. Підібраний коефіцієнт доцільно зберегти у файлі для завантаження за замовчуванням кнопкою "Save as defaults", при цьому старий ini-файл буде збережений під ім'ям "Lclock.in0".

Якщо файлу Lclock.ini не існувало раніше, те він буде створений

автоматично при першому натисканні на кнопку "Save as defaults". При здійсненні зв'язку з програмою індикатори помітно мигають, що пропадає після відключення від комп'ютера чи виходу з програми.

6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

6.1 Заходи з охорони праці на підприємстві

6.1.1 Організація охорони праці на хлібопекарських підприємствах

Хлібопекарство, як і вся харчова промисловість, поширене по території всієї країни. Проте не завжди умови праці на хлібопекарських підприємствах відповідають встановленим вимогам і стандартам.

На даний момент на підприємствах галузі ведуться роботи по покращенню умов праці робітників: освоюються нові схеми приготування тіста; встановлюються установки безтарного зберігання і транспортування сировини, комплексно-механізовані лінії для виробництва формового та подового хліба, нові машини для приготування та розділки тіста, пічно-розстоювальні агрегати та інші установки, які здатні полегшити працю та зменшити рівень травматизму. Проте безпека праці на заводах визначається не лише наявністю небезпечних виробничих факторів, а й цілим рядом інших факторів, серед яких: організація технологічного процесу; кваліфікація працівників; режими роботи та відпочинку; дотримання правил техніки безпеки та інші.

Вибір методу виробництва, розробку схеми технологічного процесу і апаратного її оформлення, розміщення обладнання, впровадження засобів механізації та автоматизації, організацію робочих місць здійснюють з врахуванням забезпечення всіх вимог для високопродуктивної і безпечної праці та уникнення різних можливих шкідливих впливів на здоров'я обслуговуючого персоналу.

В хлібопекарському виробництві на людину діють три групи шкідливих факторів:

- фізичні небезпечні фактори: рухомі машини (транспорт, підйомники, конвеєри, транспортери); рухомі частини виробничого обладнання;

підвищена температура поверхонь обладнання і матеріалів, тари, готової продукції; підвищена температура повітря і вологість; значна запиленість борошном; підвищена загазованість повітря робочої зони (вуглекислим газом, продуктами згоряння масел для мащення форм, продуктами згоряння палива); високий рівень шумів; високі значення струмів електромереж;

- хімічні небезпечні фактори – загально токсичні газоподібні речовини (вуглекислий газ, що виділяється при бродінні тіста, чадний газ, що виділяється при згорянні палива в промислових печах, акролеїн, що виділяється при обпалюванні форм і листів); хімічні речовини подразливої дії, що використовуються для чистки тари, обладнання, приміщення (гідроксид натрію, карбонат натрію, хлорне вапно, оцтова кислота); хімічні речовини, що використовуються для проведення аналізів сировини, напівфабрикатів, готового продукту в лабораторіях підприємства;

- психофізіологічні фактори – фізичні перенавантаження, що виникають при перенесенні вантажів без використання техніки, пересуванні важких діж з тістом, вагонеток з готовим продуктом; монотонність праці.

Основні причини травматизму можна розділити на такі групи:

- технічні: конструктивні недоліки обладнання; експлуатація несправних машин і механізмів; використання машин без захисного огороження;

- організаційно-технічні: незадовільна організація виконання робіт, особливо ремонтних; відсутність засобів індивідуального захисту;

- організаційні: допуск до виконання робіт працівників без необхідної кваліфікації; порушення виробничої дисципліни; порушення правил техніки безпеки.

Найбільше нещасних випадків на хлібопекарських підприємствах відноситься до організаційної та організаційно-технічної груп. Для мінімізації ймовірності виникнення таких ситуацій всі робітники та службовці повинні:

- неухильно дотримуватись правил внутрішнього розпорядку;

- дотримуватись протипожежного режиму на хлібопекарських підприємствах;
- знати найнебезпечніші ділянки на своєму робочому місці;
- не залишати робоче устаткування без нагляду і не доручати його робітникам без відповідної підготовки;
- при виявленні несправностей або порушенні технологічності процесу одразу повідомити керівника зміни;
- знати прийоми надання першої медичної допомоги.

В харчовій промисловості важливими факторами полегшення і оздоровлення праці, підвищення її продуктивності є механізація та автоматизація робіт і технологічних процесів.

При комплексній автоматизації технологічні процеси виконуються без втручання людини. Завдяки таким системам оператор автоматизованого обладнання позбавлений від важкої фізичної роботи, проте його праця все ж таки стомлююча, так як приходится робити тисячі рухів, керуючи важелями, в результаті чого різко зростають нервові і зорові навантаження.

Застосування електронних керуючих машин зменшує зусилля працівника, прискорює операції і значно полегшує працю навіть в порівнянні з автоматизованими пристроями. Ведення виробничого процесу при допомозі керуючих машин виключає помилки, які завжди можливі при безпосередньому керуванні людиною. Застосування керуючих машин не тільки полегшує працю, але робить її безпечною.

Комплексна автоматизація виробничих процесів розглядається сьогодні як система, що охоплює все виробництво, від проектування виробу і технології до виготовлення продукції і доставки її споживачу.

Промислові роботи і робототехнічні комплекси, гнучкі виробничі системи – це ще більш складний і досконалий етап у комплексній автоматизації виробництва.

6.1.2 Розрахунок захисного заземлюючого пристрою для тісторозділювача А2-ХТН

Захисне заземлення – це електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмопровідних частин обладнання, які можуть виявитись під напругою у випадку аварійної ситуації, з метою зниження напруги дотику, що досягається шляхом зменшення потенціалу на корпусі обладнання відносно поверхні землі.

Дані для розрахунку: тип заземлення - вертикальний стержень круглого поперечного перерізу в ґрунті; глибина закладення труби $h=0.7$ м; довжина труби $l=4$ м; відстань між трубами $\alpha=3$ м.

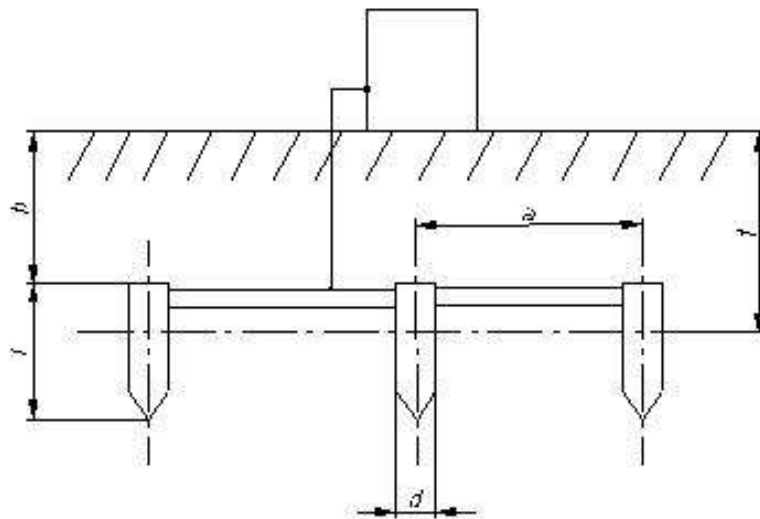


Рисунок 6.1 Схематичне зображення заземлення

Відстань від поверхні землі до середини труби:

$$t = h + 0.5l = 0.7 + 0.5 \cdot 4 = 2.7 \text{ м.}$$

1) Визначаємо опір труби за формулою (6.6)

$$R_{\text{тр}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi l} \left(\lg \frac{2l}{d} + 0.5 \lg \frac{4t+1}{4t-1} \right), \quad (6.1)$$

де ρ – питомий опір труби;

l - довжина труби;

t - відстань від поверхні землі до середини труби;

d – діаметр труби.

$$R_{\text{тр}} = \frac{50}{2 \cdot 3.14 \cdot 4} \left(\lg \frac{2 \cdot 4}{0.05} + 0.5 \lg \frac{4 \cdot 2.7 + 1}{4 \cdot 2.7 - 1} \right) = 4.5 \text{ Ом.}$$

2) Визначаємо кількість необхідних заземлювачів за формулою (6.7):

$$n = \frac{R_{\text{мп}}}{r \cdot n_{\text{мп}}} \quad (6.2)$$

де r - норма заземлення $r=4$,

$R_{\text{мп}}$ - опір труби ,

$n_{\text{мп}}$ - коефіцієнт використання труби $n_{\text{мп}}=0,72$

$$n = \frac{4.5}{4 \cdot 0.72} = 1.56 \text{ шт, приймаємо } n=2 \text{ шт.}$$

3) Знаходимо довжину з'єднувальної полоси за формулою):

$$L = 1.05 \cdot \alpha(n - 1) \text{ м,} \quad (6.3)$$

де 1,05 - коефіцієнт що використовується для зварки з'єднувальної полоси.

$$L = 1.05 \cdot 3(2 - 1) = 3.15 \text{ м}$$

Визначаємо опір полоси за формулою:

$$r_n = \frac{\rho}{2\pi l} \lg \frac{2L^2}{h \cdot \beta} \text{ Ом,} \quad (6.4)$$

де ρ - питомий опір полоси,

β – ширина полоси;

h – товщина полоси.

Приймаємо $h=0,7$ м, $\beta=0,03$ м

$$r_n = \frac{50}{2 \cdot 3.14 \cdot 6.3} \lg \frac{2 \cdot 3.15^2}{0.7 \cdot 0.03} = 3.1 \text{ (Ом) .}$$

Знаходимо опір контуру з умови:

$$R_k = \frac{R_{\text{мп}} \cdot r_n}{R_{\text{мп}} \cdot \eta_n + \eta_n \cdot \eta_{\text{тр}} \cdot n} \leq 4 \text{ Ом} \quad (6.5)$$

де η_n - коефіцієнт використання полоси;

$\eta_{\text{тр}}$ - коефіцієнт використання полоси;

$$\eta_n = 0,82, \eta_{\text{тр}} = 0,72$$

$$R_k = \frac{4.5 \cdot 3.1}{4.5 \cdot 0.82 + 0.82 \cdot 0.72 \cdot 2} = 2.97 \text{ Ом}$$

$$R_k \leq 4$$

Як видно з отриманого результату умова виконується, оскільки шуканий опір не перевищує 4 Ом. Отже спроектований заземлюючий пристрій буде надійно забезпечувати хорошу роботу обладнання.

6.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.

6.2.1 Підвищення стійкості роботи хлібзаводу при дії електромагнітного поля або імпульсу на організм людини та виробництво.

Для електричної та електронної апаратури автоматизованої системи хлібзаводу є небезпечним електромагнітне випромінювання у вигляді короткого імпульсу великої потужності, що супроводжує ядерний вибух.

По природі електромагнітний імпульс (ЕМІ) в першому наближенні можна порівняти з електромагнітним полем близької блискавки, що створює спотворення радіосигналів. Виникає ЕМІ в основному в результаті взаємодії гамма-випромінювання, що утворюється під час вибуху, з атомами навколишнього середовища.

При взаємодії гамма-квантів з атомами середовища останнім надається імпульс енергії, невелика доля якої витрачається на іонізацію атомів, а основна – на надання поступального руху електронам на іонам, що утворюються в результаті іонізації. Через те, що електронам надається значно більше енергії, ніж іонам, останні практично залишаються на місці, а електрони віддаляються від них зі швидкостями, близькими до швидкості

світла в радіальному напрямку від центру вибуху. Несиметричність електричного заряду (потoku електронів) в місці вибуху в повітрі викликає імпульс струму, який випромінює електромагнітну енергію так само, як і при проходженні його у випромінюючі антени.

Район, де гамма-випромінювання взаємодіє з атмосферою, називається районом джерела ЕМІ. Щільна атмосфера біля земної поверхні обмежує область поширення гамма-квантів. Тому при наземному вибуху район джерела займає площу всього у декілька квадратних кілометрів і приблизно співпадає з районом, де діють інші уражаючі фактори ядерного вибуху.

При висотному ядерному вибуху гамма-кванти можуть пройти сотні кілометрів до взаємодії з молекулами повітря і внаслідок його розрідженості проникнути глибоко в атмосферу. Тому розміри району джерела ЕМІ виходять великими. При висотному вибуху потужного боєприпаси може утворитися район джерела ЕМІ діаметром 1600 км і товщиною в 20 км, нижня межа якого пройде на висоті близько 18 км.

Таким чином, об'єкти, що знаходяться і за межами вогнища ядерного ураження, можуть опинитися під сильним впливом ЕМІ при висотних ядерних вибухах.

Електромагнітний імпульс наземного ядерного вибуху на відстані до декількох кілометрів від центру вибуху представляє собою одиночний сигнал з крутим переднім фронтом і тривалістю декілька десятків мілісекунд. Енергія ЕМІ розподілена в широкому діапазоні частот – від декількох герц до кількох мегагерц. Однак високочастотна складова спектру містить незначну долю енергії імпульсу; а основну частину його енергії несуть частоти до 30 кГц.

Амплітуда ЕМІ у вказаній зоні може досягати дуже великих значень – у повітрі тисячі вольт на метр при вибухах малої потужності і десятки тисяч вольт на метр при вибухах великої потужності.

Оскільки амплітуда ЕМІ швидко зменшується із збільшенням відстані, ЕМІ наземного ядерного вибуху уражає тільки на відстані декількох кілометрів від центру вибуху; на великих відстанях він здійснює тільки короточасний негативний вплив на роботу електронної апаратури.

6.2.2 Уражаюча дія електромагнітного випромінювання.

Вплив електромагнітного випромінювання на людину залежить від напруженості електромагнітного поля, потоку енергії, частоти коливань, розміру поверхні тіла, що випромінюється.

Найбільш вразливими др. Електромагнітного опромінення є тканини людини, що не містять кровоносних судин. До них відносяться очі і шлунково-кишковий тракт.

Електромагнітне опромінення сильно вражає центральну нервову систему (викликаючи головні болі, втрати свідомості) та серцево-судинну систему (різкі зміни тиску, пульсу).

Електромагнітне випромінювання у вигляді імпульсу негативно впливає і на апаратуру, так як викликає високі імпульси струмів і напруг у провідниках і кабелях повітряних і підземних ліній зв'язку, сигналізації, управління, електропередачі і т.п.

Вплив ЕМІ може привести до згорання чутливих електронних і електричних елементів, пов'язаний з відкритими провідниками (електромережа), а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях, звичайно без необоротних змін. Отже вплив ЕМІ необхідно враховувати для всіх електронних систем. Для найбільш важливих пристроїв потрібно застосовувати заходи захисту і підвищувати їх стійкість до ЕМІ.

Особливістю ЕМІ як уражаючого фактору є його здатність поширюватися на десятки і сотні кілометрів в навколишньому середовищі і по різних комунікаціям (мережам електро- і водопостачання, провідного зв'язку і т.п.).

Найбільш піддатливі впливу ЕМІ системи зв'язку, сигналізації, управління, так як кабулі і апаратура в цих системах мають граничну електричну міцність не більше 10 кВ імпульсної напруги, тоді як наведені імпульси від ЕМІ можуть перевищувати ці значення.

Особливо піддатлива впливу ЕМІ апаратура. Виконана на напівпровідниках і інтегральних схемах, що працюють на малих струмах і напругах, а отже, чутливих до впливу зовнішніх електромагнітних полів. ЕМІ пробиває ізоляцію, випалює елементи електросхем апаратури, викликає короткі замикання, іонізацію діелектриків, спотворює або повністю стирає магнітний запис, стирає "пам'ять" ЕОМ і т.п.

Встановлено, що при впливі ЕМІ на апаратуру найбільші напруги наводяться на вхідних колах. В транзисторах спостерігається наступна залежність: чим вище коефіцієнт підсилення транзистора, тим менша його електрична міцність.

ЕМІ пошкоджує також резистори, викликає іскріння в їх між контактних з'єднаннях, що приводить до локального нагріву і порушення опору покриття. Для резисторів типу МЛТ гранична напруга складає близько 10 кВ.

Великі струми, зумовлені прикладеним імпульсом напруги, проходячи через конденсатор в місцях підвищеного опору можуть викликати нагрівання шару металізації і його вигорання, порушити контакти між обкладками і виводами. І оскільки за короткий час дії імпульсу тепла енергія не встигає поширитись на весь об'єм конденсатора передатись в навколишнє середовище, то локальні перегрівання досить небезпечні. Руйнівні струми в метало паперових конденсаторах досягають 100...200 А.

Таким чином, ЕМІ ядерного виду ефективно уражає електротехнічні прилади, тому при вирішенні задачі підвищення стійкості роботи об'єктів у надзвичайних ситуаціях важливо правильно оцінити ймовірність пошкодження електротехнічних і електронних систем в

результаті впливу ЕМІ і знайти шляхи і способи захисту від проникнення імпульсів енергії у внутрішні кола апаратури.

6.2.3 Методи захисту від впливу електромагнітного випромінювання.

Надійний захист електротехнічних систем і електронної апаратури від пошкоджень, що викликаються ЕМІ ядерних вибухів, може бути успішним лише при комплексному вирішенні проблеми.

В кожному конкретному випадку повинні бути знайдені найбільш ефективні і економічно доцільні методи захисту електронної апаратури. Серед цих методів найбільш поширені екранування, оптимальне просторове розміщення і заземлення окремих частин системи, застосування запобігаючи перенапрузі пристрої та інше. Розглянемо суть основних методів.

Одним з методів підвищення стійкості і захисту електронних систем від дії сильного електромагнітного випромінювання є застосування металевих екранів. Вони відбивають електромагнітні хвилі і поглинають високочастотну енергію. Через систему заземлення струм, наведений ЕМІ, стікає в землю, не приносячи шкоди електронній апаратурі, що знаходиться всередині металевих шаф або коробів. Товщину екрану і послаблення, що ним здійснюється, можна розрахувати, знаючи потужність і густину потоку випромінювання за екраном, провідність, магнітну проникність матеріалу, частоту електромагнітного поля.

Для розширення спектру частот електромагнітних випромінювань, що поглинаються, можуть використовуватися різні типи екранів, виконані із різних елементів.

Найдешевший екрануючий матеріал – холоднокатані сталеві листи. Стінки екранів можуть виконуватися як у вигляді решіток (сіток), так і у вигляді суцільних листів. Хоча вартість екранів із суцільними стінками дещо більша, але їх екрануючі властивості кращі.

Для захисту від ЕМІ широко застосовуються розрядники, що встановлюються на входи і виходи апаратури.

Основні функції захисного розрядника – детектування імпульсу, розмикання лінії або відведення енергії для запобігання руйнувань апаратури. Розрізняють два основні види захисних розрядників – “м’які” і “жорсткі” обмежувачі. “М’які” обмежувачі – нелінійні опори, що залежать від напруги (конденсатори, варистори), а “жорсткі” – прилади із пробоем (газові розрядники, діоди, вугільні загороджувачі та ін.).

Напівпровідникові захисні прилади менш стійкі до наведених напруг, але мають менший час спрацювання.

Для електронної апаратури, що встановлена в приміщенні основну небезпеку представляє імпульс, що пройшов по колу живлення. Для захисту апаратури рекомендуються плавкі запобіжники і захисні вхідні пристрої, які являють собою релейні прилади, що реагують на перевищення струму або напруги в колі.

На рисунку 6.2 показаний метод захисту від електромагнітних хвиль і шкідливого опромінення, а саме методом екранування.

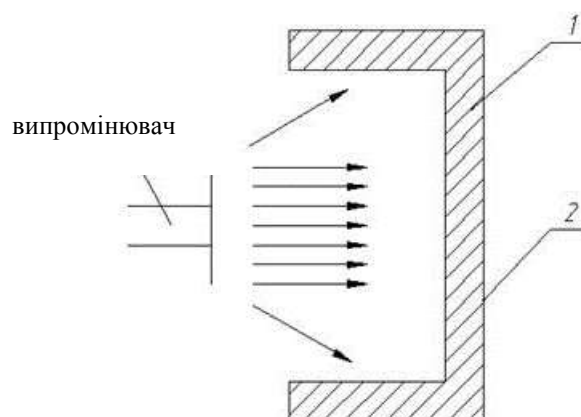


Рисунок 6.2 - Метод екранування (1- поглинаюче покриття, 2 – екран).

Працюючі височастотні електродвигуни випромінюють електромагнітну енергію в робочу зону, яка шкідливо діє на організм

людини, якщо не прийняти певних мір безпеки. Тому при встановленні і експлуатації даних об'єктів промислової електроенергії, а також при монтажі і наладці важливо дотримуватись основних вимог техніки безпеки.

Відомо, що навколо провідника з струмом виникають одночасно і електричне, і магнітне поле. При змінному струмі електричне і магнітне поле пов'язане між собою і тому їх розглядають, як єдине електромагнітне поле. Електромагнітне поле високих і надвисоких частот може самостійно поширюватись в просторі, в якому нема провідників електричного струму, з швидкістю, близькою до швидкості світла. При цьому поширюючись у просторі, електромагнітне поле несе з собою енергію.

Електромагнітне поле змінюється з тією ж частотою, що і струм, який утворив дане поле.

Частота коливань f і період коливань поля T величини обернено пропорційні

$$f = \frac{1}{T}; \quad T = \frac{1}{f}$$

Відстань, на яку поширюється поле за один період – довжина електромагнітної хвилі λ можна знайти за формулою

$$\lambda = CT = \frac{v}{f}$$

де v - швидкість поширення електромагнітної хвилі в даному середовищі.

Швидкість поширення електромагнітної енергії залежить від діелектричної сталої ξ і магнітної проникливості середовища μ . Для повітря $\xi = 1$ і $\mu = 1$, а швидкість поширення електромагнітної енергії в порожнині $C = 3 \cdot 10^{10}$ см/сек. Тому для порівняння (в повітрі) $v = C = 3 \cdot 10^{10}$ см/сек., або 300000 км/сек.

В таблиці приведено прийнята в теперішній час класифікація електромагнітних полів діапазону радіохвиль.

Таблиця 6.1. Класифікація електромагнітних полів.

Спектр хвиль	Частота хвиль	Довжина хвиль м
Довгі	$3 \cdot 10^4 \div 3 \cdot 10^5$ високі	100000 – 1000
середні	$3 \cdot 10^5 \div 3 \cdot 10^6$ частоти	1000 – 100
Короткі	$3 \cdot 10^6 \div 3 \cdot 10^7$	100 – 10
ультракороткі	$3 \cdot 10^7 \div 3 \cdot 10^8$ ультрависокі	10 – 1
Дециметрові сантиметрові міліметрові		

Вплив електромагнітних полів різних частот на організм людини залежить від характеру поля, створеного електродвигунами на робочому місці.

Простір робочої ділянки біля джерела високо частотних полів може бути як зоною індукції, так і зоною випромінювання, в залежності від частоти електродвигуна і відстані від джерела випромінювання до робочого місця. Встановлено, що на відстані від джерела не більше $1/6$ довжини хвилі переважають поле індукції, і цей простір умовно рахується зоною індукції, а на більш далеких відстанях поле випромінювання, і цей простір називають зоною випромінювання.

Джерела створення полів високої і ультрависокої частоти є

- елементи коливного контуру;
- високочастотний трансформатор;
- лінії передач;
- робочий контур.

Розподіл інтенсивності електромагнітного поля в приміщенні може змінюватись в результаті багаторазових відбивань хвиль від стін, стелі, підлоги і предметів. Інтенсивність електромагнітного поля коливається в залежності від потужності електродвигуна, відстані робочого місця від

джерела випромінювання і відбивань від різних поверхонь. Степінь впливу електромагнітних полів на людину залежить в першу чергу від інтенсивності опромінення. З інших факторів потрібно враховувати такі, як тривалість дії і діапазон частот.

При впливі електромагнітних полів на організм людини проходить часткове поглинання їх енергії тканинами тіла. Під дією високочастотних електромагнітних полів іони тканини проходять в рух, тобто в тканинах виникають високочастотні струми, які супроводжуються тепловим ефектом. Довгий і систематичний вплив на організм людини електромагнітних полів різних частот великої інтенсивності може викликати підвищену втомленість, головну біль, сонливість, порушення сну, гіпертонію і біль в серці. Під впливом електромагнітних полів надвисоких частот спостерігаються зміни в крові, погіршення зору, а окремих людей – нервово психічні захворювання, випадання волосся, ломкість нігтів.

Для попередження професійних захворювань українським законодавством встановлені попередні і періодичні медичні огляди, а також медичний огляд при відборі осіб, які направляються на роботу з високочастотними приладами.

Для вимірювання інтенсивності опромінення на робочих місцях користуються приладами, спеціально розробленими для гігієнічної оцінки умов праці, а саме ІНЕП-50; ІНЕП-2; ІЕМП-2; ПО-2.

Для пристроїв високої частоти, санітарні норми допускають напруженість електричного поля середніх і довгих хвиль в розмірі не більше 5 В/м, за виключенням індукційних складових.

Для діапазону сантиметрових і дециметрових хвиль допустимі величини інтенсивності опромінення диференційовані з врахуванням фактора часу.

- при опроміненні на протязі усього робочого дня, не більше 0,01 мВт/см² (10 мкВт/см²);

- при опроміненні не більше 2 год за робочий день не більше $0,1 \text{ мВт/см}^2$ (100 мкВт/см^2)
- при опроміненні не більше 15-20 хв за робочий день – не більше 1 мВт/см^2 (1000 мкВт/см^2)

Основними принципами розробки засобів захисту від впливу електромагнітних хвиль при роботі високочастотних пристроїв є:

- 1) зменшення випромінювання в самому джерелі;
- 2) екранування джерела випромінювання;
- 3) екранування робочого місця;
- 4) застосування індивідуальних засобів захисту.

В залежності від діапазону частот, типу джерела випромінювання, його потужності і характеру роботи, може використовуватись один із вказаних видів захисту або інша його комбінація.

В діапазоні великих частот для зменшення напруженості електромагнітного поля на робочих місцях рекомендується два типи захисту:

- 1) окреме екранування джерел електромагнітних полів.
- 2) повне екранування джерел електромагнітних полів.

Екранування високочастотних частин електродвигуна здійснюється листами алюмінію, або заліза товщиною не менше 0,5 мм.

Високочастотний пристрій в загальному приміщенні, екранується разом з усіма огороженнями загальним кожухом. Якщо пристрій розміщений в окремому приміщенні, можна екранувати все приміщення. В цьому випадку панель керування пристроєм повинна бути винесена за межі екранування. Кожний екран повинен заземлюватись.

Для запобігання опроміненню працюючих потрібно забезпечити індивідуальні засоби захисту: халати, або комбінезони з тканини, відбиваючих електромагнітних хвиль, спеціальними захисними окулярами.

Для зменшення відбивання електромагнітних хвиль в приміщенні стіни і стелю покривають крейдовою фарбою, або спеціальними поглинаючими матеріалами (резиновими ковриками, магнітодіелектричними пластинами).

Висновки

Для стійкості роботи хлібзаводу при дії електромагнітного поля потрібно належним чином забезпечити захисні елементи. Покращити стійкість будівель до опромінення згаданими вище методами. Дотримуватись всіх правил і норм встановлених законодавством по дотриманню техніки безпеки, охорони праці і індивідуального захисту, а також підтримування сил цивільної оборони в постійній готовності.

Стійкість апаратури до впливу ЕМІ у значній мірі залежить від правильної експлуатації ліній і ретельного контролю справності засобів захисту.

До важливих вимог експлуатації відносяться періодична і своєчасна перевірка електричної міцності ізоляції ліній і входних кіл електронної апаратури, своєчасне виявлення і усунення заземлень провідників, контроль справності розрядників і плавких вставок.

Вказані способи і засоби захисту повинні застосовуватись у всіх видах електротехнічної і радіоелектронної апаратури з врахуванням характеру вражаючої дії електромагнітних випромінювань для забезпечення надійної роботи підприємства в надзвичайних обставинах.

Висновки

В кваліфікаційній роботі запропоновано автоматизацію тіторозділювача А2-ХТН, яка вирішує поставлену мету підвищення якості готової продукції і покращення умов експлуатації машини.

Суть проведеної автоматизації виготовлення подового хліба полягає в автоматизації ланки тісторозділення.

З розрахунків приведених у конструкторській частині цілком очевидно, що дана система є роботоздатною, вона може повністю замінити три промислові пристрої для вимірювання потрібних параметрів, а також забезпечити чіткий взаємозв'язок пристроїв. Пристрій, побудований на потужному мікроконтролері, крім вказаних функцій контролю технологічних параметрів виконує функції системи керування тісторозділювача.

Наявність системи даного типу є гарантією безпеки технологічного процесу, адже найбільш важливі для виробництва складові процесу автоматично контролюються в реальному часі.

Перелік посилань

1. Автоматизація виробничих процесів: навч. посіб. / Проць Я. І., Савків В. Б., Шкодзінський О. К., Ляшук О. Л. Тернопіль : ТНТУ ім. І.Пулля, 2011. 344с.
2. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / укл.: Стручок В. С. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. 156 с.
3. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. Довідник : навч. посіб. / 2-е вид., перероб. і допов. Київ, 2019. 580 с.
4. ДСТУ 4582:2006 Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Хліб та хлібобулочні вироби. Основні положення [Електронний ресурс]. – [Чинний від 2007-01-01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2006.
5. ДСТУ 4585:2021 Вироби хлібобулочні здобні. Загальні технічні умови [Електронний ресурс]. – [Чинний від 2021-10-01]. – Київ : УкрНДНЦ, 2021.
6. ДСТУ 7046:2024 Вироби хлібобулочні. Правила приймання, методи відбору проб, пакування, маркування, транспортування та зберігання [Електронний ресурс]. – [Чинний від 2025-05-01]. – Київ : УкрНДНЦ, 2024.
7. Лебеденко Т. Є. Технологія хлібопекарського виробництва. Практикум: навч. посіб. / Т. Є. Лебеденко, Г. Ф. Пшенишнюк, Н. Ю. Соколова. - Одеса : Освіта України, 2014. - 392 с.
8. Паламар М. І., Стрембіцький М. О., Паламар А. М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 150 с.
9. Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» /

- укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/40843>
10. Коноваленко І. В. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0 : навч. посіб. / І. В. Коноваленко, П. О. Марущак. – Тернопіль : В. А. Паляниця, 2020 – 320 с. <http://library.megu.edu.ua:8180/jspui/handle/123456789/4115>
11. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. – 324 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39189>
12. Капаціла Ю.Б., Савків В.Б. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2025. 60 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48495>
13. Капаціла Ю.Б., Шовкун О.П. Дослідження релейного електронного регулятора температури. /Методичні вказівки до лабораторної роботи з курсу «Приводи та автоматика мехатронних систем» для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». Тернопіль: ТНТУ. 2025. 15 с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/50560>.
14. Козбур І.Р., «Дослідження часових характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – 19 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39206>
15. Капаціла Ю.Б., Марущак П.О., Савків В.Б. Методичні вказівки з виконання курсової роботи з дисципліни «Основи наукових досліджень» для здобувачів освітнього ступеня «Магістр» спеціальності 174 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль: ТНТУ,

2023. 32 с

16. Методичні вказівки по роботі з програмним симулятором "AVR simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 21 с.

17. Моделювання нелінійних систем керування у пакеті MATLAB SIMULINK, методичні вказівки до виконання лабораторної роботи по курсу «Комп'ютерні методи дослідження систем автоматичного управління», для студентів 4 курсу спеціальності 6.050201 «Системна інженерія» / укл. : І.Р. Козбур , Г.В. Козбур , Р.І. Михайлишин. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. - 19 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28057>

18. Моделювання систем керування в пакеті MATLAB SIMULINK, методичні вказівки до виконання лабораторної роботи по курсу «Комп'ютерні методи дослідження систем автоматичного управління», для студентів 4 курсу спеціальності 6.050201 «Системна інженерія» / укл. : І.Р. Козбур , Г.В. Козбур , Р.І. Михайлишин. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. - 23 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28056>

19. Проектування та аналіз електричних схем в програмному середовищі Multisim. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо . - Тернопіль : ТНТУ Імені Івана Пулюя, 2018. - 26 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26404>

20. Проектування та аналіз електричних схем в програмному середовищі Proteus VSM. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ, 2018. - 26 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26397>

21. Методичні вказівки до курсового проектування з курсу "Проектування систем автоматизації" / Савків В.Б., Шкодзінський О.К., Пісьціо В.П. Тернопіль : ТНТУ, 2025. 128 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48646>

22. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка”. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. – 53 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/44635>
23. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 3. «Імпульсна техніка, вторинні джерела живлення, основи цифрової електроніки» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. -26 с.
24. Трембач Р.Б., Шовкун О.П. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Інформаційно – вимірювальні системи” Модуль І. «Вимірювальна техніка» – Тернопіль: ТНТУ., 2024. – 67 с.
25. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський)/ укл.: О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.
26. Навчально-методичний посібник до практичних заняття з дисципліни «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» для студентів освітнього ступеня „бакалавр" усіх спеціальностей та форм навчання / Укладачі : О. Я. Гурик, І. Б. Окіпний, В. С. Сенчишин, С. Ю. Мариненко, О. І. Король. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025. 123 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48496>
27. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп’ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.
28. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп’ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.
29. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний

університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.

30. Буров Є., Митник М. Комп'ютерні мережі. (у 2-х томах). Львів, Магнолія, 2018.

31. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем. Навчальний посібник для студентів спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / А. Г. Микитиший, М. М. Митник, О. С. Голотенко, В. В. Карташов. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. – 324 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42625>

32. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>