

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництва
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Розробка та дослідження автоматизованого ультразвукового пристрою для вимірювання температури та жирності молока**

Виконав: студент (ка) **6** курсу, групи **КАМ-61**
напряму підготовки (спеціальності)
151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Лавренюк Т.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Трембач Р.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Добротвор І.Г.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Козбур І.Р.

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2019

Міністерство освіти і науки України
 Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
 Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв
 Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр
 Напрямок підготовки: _____
 (шифр і назва)
 Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри проф. Марущак П.О.

« _____ » _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Лавренюк Тетяни Петрівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка та дослідження автоматизованого
ультразвукового пристрою для вимірювання температури та жирності молока

Керівник проекту (роботи) Трембач Ростислав Богданович, к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «10» **ЖОВТНЯ** 2019 року № 4/7-898

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 08.12.2019р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Технологічна документація, технологічні креслення

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина

2. Науково – дослідна частина

3. Технологічна частина

4. Конструкторська частина

5. Спеціальна частина

6. Обґрунтування економічної ефективності

7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 8. Екологія

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Аналіз методів вимірювання температури рідини	8
1.2 Методи вимірювання жирності молока	11
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	20
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	28
4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	32
4.1 Структурна схема вимірювань температури та жирності	32
4.2 Вибір вузлів мікроконтролерної системи	36
4.3 Розробка електричної принципової схеми пристрою	51
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	59
5.1 Програмне забезпечення мікроконтролера	59
5.2 Розрахунок показників надійності програмної системи	64
6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	72
6.1 Розрахунок витрат на розробку підсистеми	72
6.2 Визначення експлуатаційних витрат	77
6.3 Розрахунок ціни споживання проектного рішення	79
6.4 Визначення показників економічної ефективності	81
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	83
7.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів	83
7.2 Розробка заходів з охорони праці	86
7.3 Пожежна безпека	88
7.4 Безпека життєдіяльності	89
8 ЕКОЛОГІЯ	99
8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища	99
8.2 Заходи щодо зниження рівня скидання забруднюючих	101

речовин в навколишнє середовище і вплив викидів на здоров'ї
людини

ВИСНОВКИ	105
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	106
Додаток А. Лістинг програми	109

ВСТУП

Молоко, як і хліб, людство почало використовувати в їжу більше п'яти тисячоліть тому. Молоко - єдиний продукт харчування в перші місяці життя людини. Виключно важливе значення воно має і в харчуванні дорослого. Для старих, ослаблених і хворих людей молоко є незамінною їжею. «Молоко, - писав академік І. П. Павлов, - це дивовижна їжа, приготована самою природою». Встановлено, що цей продукт містить понад сто цінних компонентів. У нього входять всі необхідні для життєдіяльності організму речовини: білки, жири, вуглеводи, мінеральні солі, вітаміни.

У практиці молокопереробних підприємств нерідкі випадки фальсифікації, коли до молока додані сторонні речовини або з нього вилучений жир. Розрізняють характер фальсифікації, т. Е., що додано до молока і ступінь фальсифікації - яка кількість додано сторонніх речовин. Для визначення характеру і ступеня фальсифікації необхідно досліджувати одночасно стійлового і дослідну проби молока на вміст жиру, щільності і кислотності.

Оплату за молоко-сировину стали виробляти відповідно до показників якості та безпеки (вміст білка і жиру, термостійкість, щільність, бактеріальна забрудненість і соматичні клітини). Для точного визначення цих показників необхідно хороше лабораторне обладнання, що дозволить поліпшити контроль якості молока при виробництві та постачанні на переробні підприємства. За рахунок підвищення точності вимірювань скоротяться розбіжності між результатами аналізів молока в господарствах і на переробних підприємствах[12].

Витрати на підвищення якості сприймаються не як додаткові витрати, а як вигідне вкладення фінансів, що дає найвищу віддачу. Практика показала, що дають набагато більшу віддачу вкладення в якість, ніж у збільшення обсягів виробництва.

Підвищення кожного показника по жиру на 0,1% або одиниці щільності при існуючому ціноутворенні збільшує виручку за молоко на 3,3%, а втрата термостійкості (зниження алкогольної проби) знижує ціну на молоко на 25%.

Розглядаючи всі вище вказані проблеми, доцільно використовувати системи контролю параметрів якості молока.

Мікроконтролери забезпечують необхідну для даної задачі гнучкість системи, а також це чудовий спосіб уникнути її надмірності в елементах. Для даної системи доцільно використовувати AVR мікроконтролери. Незважаючи на те, що мікроконтролери AVR появились на ринку близько 10 років тому, їх популярність до сьогоднішнього часу дуже велика. З кожним роком вони охоплюють все нові ланки ринку. Не останню роль в цьому відіграє відношення показників ціна/швидкодія/енерговикористання, до цього часу є найкращі на ринку 8-бітні мікроконтролери. Крім того постійно зростає число виготовлення сторонніми виробниками різних програмних та апаратних засобів підтримки розробок пристроїв на їх основі. Все це дозволяє говорити про доцільність використання мікроконтролери AVR. Однією з ланок мікроконтролерів AVR є сімейство Mega. Це сімейство мікроконтролерів підтримують декілька режимів низького енерговикористання, мають блок переривання, сторожевий таймер та допускають програмування безпосередньо в готовому пристрою.

Метою дипломної роботи є обґрунтування структури і розробка електронної мікроконтролерної системи вимірювання основного фізико-хімічного параметру якості молока - жирності, а також дослідження залежності названого параметру від різних факторів, що впливають на нього, зокрема температури.

Розроблена мікроконтролерна система дозволяє виробляти з необхідною точністю експрес-аналіз жирності та температури молока. При використанні даної системи відпадає необхідність у визначенні

перерахованих параметрів продукту хімічними методами, які вимагають значних витрат часу.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз методів вимірювання температури рідини

Виміряти температуру якого-небудь тіла безпосередньо, тобто так, як вимірюють інші фізичні величини, наприклад довжину, масу, об'єм або час, не представляється можливим, тому що в природі не існує еталона або зразка одиниці цієї величини. Тому визначення температури речовини роблять за допомогою спостереження за зміною фізичних властивостей іншого, так названого термометричної речовини, яке наведе в зіткнення з нагрітим тілом, вступає з ним через якийсь час у теплову рівновагу. Такий метод вимірювання дає не абсолютне значення температури нагрітого середовища, а лише різницю щодо вихідної температури робочої речовини, умовно прийнятої за нуль.

Внаслідок зміни при нагріванні внутрішньої енергії речовини практично всі фізичні властивості останнього в більшому або меншому ступені залежать від температури, але для її вимірювання вибираються по можливості ті з них, які однозначно міняються зі зміною температури, не піддані впливу інших факторів і порівняно легко піддаються вимірюванням. Цим вимогам найбільше повно відповідають такі властивості робочих речовин, як об'ємне розширення, зміна тиску в замкнутому об'ємі, зміна електричного опору, виникнення термоелектрорушійної сили і інтенсивність випромінювання, покладені в основу улаштування приладів для вимірювання температури [9].

Зміна агрегатного стану хімічно чистої речовини (плавлення або затвердіння, кипіння або конденсація), як відомо, протікає при постійній температурі, значення якої визначається складом речовини, характером її агрегатної зміни і тиском. Значення цих відтворених температур рівноваги між твердою і рідкою або рідкою і газоподібною фазами різних речовин при

нормальному атмосферному тиску, рівному 101325 Па (760 мм рт. ст.), називаються реперними точками.

Якщо прийняти як основу інтервал температур між реперними точками плавлення льоду і кипіння води, позначивши їх відповідно 0 і 100, у межах цих температур виміряти об'ємне розширення якої-небудь робочої речовини, наприклад ртуті, що перебуває у вузькій циліндричній скляній посудині, і розділити на 100 рівних частин зміну висоти її стовпа, то в результаті буде побудована так називана температурна шкала.

Для вимірювання температури, що лежить вище або нижче обраних значень реперних точок, отримані поділення наносять на шкалі і за межами відміток 0 і 100. Поділки температурної шкали називаються градусами.

При побудові зазначеної температурної шкали була довільно прийнята пропорційна залежність об'ємного розширення ртуті від температури, що, однак, не відповідає дійсності, особливо при температурах вище 100 градусів. Тому за допомогою такої шкали можна точно виміряти температуру тільки у двох вихідних точках 0 і 100 градусів, тоді як результати вимірювання у всьому іншому діапазоні шкали будуть неточні. Те ж явище спостерігалось б і при побудові температурної шкали з використанням інших фізичних властивостей робочої речовини, таких, як зміна електричного опору провідника, збудження термоелектрорушійної сили і т.п. [13].

Користуючись другим законом термодинаміки, англійський фізик Кельвін в 1848 р. запропонував дуже точну і рівномірну, що не залежить від властивостей робочої речовини шкалу, яка отримала назву термодинамічної температурної шкали (шкали Кельвіна). Остання заснована на рівнянні термодинаміки для оборотного процесу (циклу Карно).

Термодинамічна температурна шкала починається з абсолютного нуля і у цей час є основною. Одиниці термодинамічної температури позначаються знаком К (кельвін), а умовне значення її буквою Т.

На Генеральній конференції по мірах і вагам Міжнародний комітет мір і ваг прийняв нову практичну температурну шкалу 1968 р. (МІПТШ-68), градуси якої позначаються знаком °С (градус Цельсія), а умовне значення температури - буквою І. Для цієї шкали градус Цельсія дорівнює градусу Кельвіна.

Крім Міжнародної практичної температурної шкали існує ще шкала Фаренгейта, запропонована в 1715 р. Шкала побудована шляхом поділення інтервалу між реперними точками плавлення льоду і кипіння води на 180 рівних частин (градусів), позначуваних знаком °Ф. По цій шкалі точка плавлення льоду дорівнює 32, а кипіння води 212°Ф.

Для перерахування температури, вираженої в Кельвінах або градусах Фаренгейта, у градуси Цельсія користуються рівнянням $t^{\circ}\text{C} = T^{\circ}\text{K} - 273,15 = 0,556 (p^{\circ}\text{F} - 32)$, де p — число градусів по шкалі Фаренгейта.

Прилади для вимірювання температури розділяються залежно від використовуваних ними фізичних властивостей речовин на наступні групи з діапазоном показань:

Термометри розширення (-190...+6500С) засновані на властивості тіл змінювати під дією температури свій об'єм.

Манометричні термометри (-160...+6000С) працюють за принципом зміни тиску рідини, газу або пари з рідиною в замкнутому об'ємі при нагріванні або охолодженні цих речовин.

Термометри опору (-200...+6500С) засновані на властивості металевих провідників змінювати залежно від нагрівання їхній електричний опір.

Термоелектричні термометри (-50...+18000С) побудовані на властивості різномірних металів і сплавів утворювати в парі (спаї) термоелектрорушійну силу, що залежить від температури спаю.

Пірометри (-30...+60000С) працюють за принципом вимірювання випромінюваної нагрітими тілами енергії, що залежить від температури цих тіл.

Термометри розширення. Фізична властивість тіл змінювати свій об'єм залежно від нагрівання широко використовується для вимірювання температури. На цьому принципі заснований пристрій рідинних скляних і дилатометричних термометрів, які з'явилися дуже давно і послужили для створення перших температурних шкал [21].

В рідинних термометрах, побудованих на принципі теплового розширення рідини в скляному резервуарі, як робочі речовини використовуються ртуть і органічні рідини — етиловий спирт, толуол і ін. Найбільш широке застосування одержали ртутні термометри, що мають у порівнянні з термометрами, заповненими органічними рідинами, істотні переваги: великий діапазон вимірювання температури, при якому ртуть залишається рідкою, не змочення скла ртуттю, можливість заповнення термометра хімічно чистою ртуттю через легкість її одержання та ін. При нормальному атмосферному тиску ртуть перебуває в рідкому стані при температурах від -39 (точка замерзання) до 357°C (точка кипіння) і середній температурний коефіцієнт об'ємного розширення $0,18 \cdot 10^{-3}\text{K}^{-1}$.

Термометри з органічними рідинами здебільшого придатні лише для вимірювання низьких температур у межах до 100°C . Рідинні термометри, виготовлені зі скла, є місцевими приладами, що показують. Вони складаються з резервуара з рідиною, капілярної трубки, приєднаної до резервуара і закритої із протилежного кінця, шкали і захисної оболонки.

1.2 Методи вимірювання жирності молока

Визначення вмісту жиру є обов'язковим в оцінці якості сировини, напівфабрикатів і готової продукції. Методи визначення жиру поділяються на прямі та непрямі. До прямих відносяться методи, що дозволяють видалити жир з наважки відгонкою, із отриманої наважки розчинника визначають жир.

З метою технологічного контролю за вмістом жиру в харчових продуктах використовують методи безпосереднього визначення вмісту жиру в об'єктах: інфрачервону спектроскопію, турбодиметрію, метод ядерного магнітного резонансу. Між лабораторний коефіцієнт варіації різних методів визначення жиру становить 7 – 10 %.

Непрямі методи засновані на вимірюванні різних фізичних характеристик жирової витяжки. Вимірюють густину, коефіцієнт рефракції і порівнюють отримані значення із значенням тих самих характеристик для чистого розчинника та досліджуваного жиру шляхом розрахунку і таким чином визначають вміст жиру у продукті [12].

На даний час для визначення жиру найбільш поширені два прямі методи - кислотний і гравіметричний. Для проведення дослідження кислотним методом використовують сірчану кислоту та ізоаміловий спирт. Так, для молока під впливом концентрованої сірчаної кислоти казеїнат кальцій фосфатний комплекс переходить в розчину сполуку казеїну з сірчаною кислотою, при додаванні ізоамілового спирту знижується поверхневий натяг жирових кульок, з поверхні жирових кульок видаляється оболонка. Реакції прискорюються нагріванням і центрифугуванням. Аналіз виконують в спеціальному приладі – жиромірі (Рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Жиромір

Після центрифугування жир видаляється в вигляді суцільного прошарку і об'єм його вимірюють в градуйованій частині жироміру. За допомогою жироміру визначають масову частку жиру у відсотках

Так, для визначення жиру в молочних продуктах використовують жироміри трьох типів: в молоці, вершках і молочних продуктах з високим вмістом жиру, в знежиреному молоці, маслянці і сироватці (рис.7.1).

Гравіметричний метод визначення жиру заснований на його вилученні (екстракції) органічними розчинниками і наступним визначенням кількості жиру в екстракті. Для екстракції жиру використовують розчинники з низькою температурою кипіння, видалення яких з жиру являється нескладним. Частіше всього використовують петролейний, етиловий, діетиловий, сірчаний, та інші ефіри, а також хлороформ, дихлоретан.

Петролейний ефір має певні переваги перед іншими розчинниками, тому що менше вилучає речовин, які супутні жирам. Волога, що знаходиться в продукті чинить опір дифузії жиру із матеріалу в розчинник, тому перед екстракцією жиру іноді зневоднюють матеріал.

Відомо декілька модифікацій гравіметричного методу: по Розе-Готлібу, по Шмідт-Бондзинському-Рацлаву, по Можоньє, експрес- метод.

Рефрактометричний метод заснований на тому, що при розчиненні жиру коефіцієнт заломлення знижується пропорційно до кількості присутнього жиру. За різницею між коефіцієнтом заломлення чистого розчинника та розчину жиру визначають їх масову частку. Чим більшою є різниця між цими коефіцієнтами, тим точнішим є визначення [8].

Колориметричний метод ґрунтується на визначенні оптичної густини розчину барвника в жирі, яка знижується пропорційно кількості жиру, що прореагував з барвником. В якості барвника використовують розчин судану III, або судану IV в етанолі. Оптичну густину вимірюють на фотоелектрон-колориметрі.

Автоматичні методи визначення жиру в продуктах харчування базуються на люмінесцентному (флюорометричному) і турбіметричному

методах аналізу одного параметру і методах, які використовують в багатокомпонентних аналізаторах.

При люмінесцентному аналізі спостерігають особливе свічення досліджуваної речовини або свічення спеціальних люмінофорів (барвників), якими вони обробляються. За тривалістю свічення розрізняють флуоресценцію (швидко загасаючу) і фосфоресценцію (тривала люмінесценція).

Фосфоресценція – це вид власного свічення речовини, яке продовжується після відключення збуджуючого світла.

Флуориметричний метод визначення жиру ґрунтується на здатності жирових кульок випромінювати світло під дією світлового потоку в якості збуджуючого фактору та барвника фосфіну 3R-гідрофлориду – в якості люмінофору. Цей метод використаний в приладі - флуориметрі ФЖМ-8.

Турбідиметричний метод пов'язаний із зміною інтенсивності розсіювання світлового потоку жировими кульками. Однаковий розмір жирових кульок досягається гомогенізацією рідин, а розсіювання світла білковими частками усувається додаванням розчинника білку. На основі цього методу створена низка закордонних автоматичних приладів визначення частки жиру. Наприклад, Мілко-тестер (виробник Данія), К-373А (виробник Японія), а також вітчизняні цифрові жироміри.

Принцип дії фотоелектричних жиромірів заснований на зміні ступеня поглинання або розсіювання світлового потоку шаром жирових кульок молока (жиру).

Через ємність з випробуванням продуктом пропускають світловий потік від джерела випромінювання. Інтенсивність цього потоку змінюється в порівнянні з вихідною в залежності від оптичної щільності молока, яка залежить від його жирності. Отриманий потік реєструють фотоелектричним датчиком. Градування приладів періодично перевіряють за допомогою калібрувального фільтра з оптичною щільністю, відповідній певній жирності молока.

Оптична і електрична принципові схеми жироміру наведено на рисунку 1.2. Джерело світла - низьковольтна лампа накаливання 4, що живиться стабілізованою напругою, - створює два однакових світлові потоки. Лівий потік, пройшовши через лінзу 3, світлофільтр 2 (який служить еталоном молока і має таку ж оптичну щільність, як і молоко певної жирності) і через вимірювальну з відліковою шкалою шторку 9, що переміщається перпендикулярно оптичній осі, потрапляє на фотоелемент 1.

Правий світловий потік, проходячи через лінзу 5, червоний світлофільтр 6 і скляну кювету 7 з аналізованим молоком (товщина шару близько 1 мм), потрапляє на другий фотоелемент 8. На шляху обох світлових потоків встановлені шторки 11, 12, використовувані для настройки приладу.

Фотоелементи 1 і 8 сполучені по компенсаційній схемі; при однаковій інтенсивності світлових потоків, падаючих на ці фотоелементи. Якщо жирність молока перевищує значення, при якому інтенсивність світлових потоків рівна, світловий потік, падаючий на фотоелемент 8, послаблюється, порушується рівновага в електричному ланцюзі і процесор фіксує це. Рівновага відновлюють за допомогою шторки 9, після чого роблять відлік за її шкалою, градуйованою у відсотках жиру

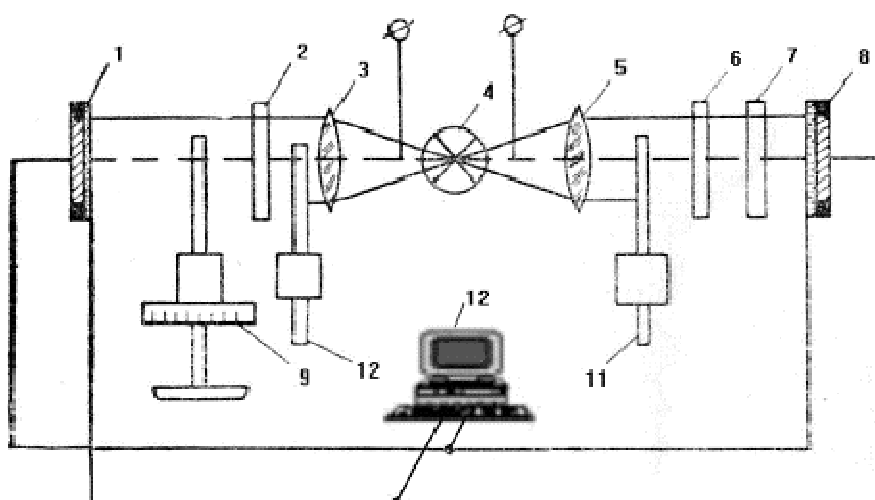


Рисунок 1.2 - Оптична схема приладу для визначення вмісту жиру в молоці

Похибка вимірювань фотоелектричними жиромірами помітно зменшується в разі визначення вмісту жиру в попередньо нагрітій гомогенізоване молоці. Як показують дослідження похибка вимірювань жиру, використовують даний метод вимірювань, складає 0,05%.

Жироміри інфрачервоної спектроскопії. Цими приладами можна визначати зміст не тільки жиру, але й інших складових частин молока.

Розроблені жироміри інфрачервоної спектроскопії функціонують наступним чином. Зразок молока попередньо гомогенізується і надходить у невеликий посуд, через який проходить потік інфрачервоного випромінювання з різною довжиною хвилі (5,8; 6,5; 9,6 мкм). Інтенсивність випромінювання визначають при виході з посудини. За ступенем поглинання цих хвиль визначають відповідно вмісту в молоці жиру, білка та лактози. Сомо розраховують залежно від вмісту білка та лактози. За інтенсивністю потоку інфрачервоного випромінювання, що проходить через посудину з водою, визначають поправку на поглинання потоку випромінювання водою. Похибка методу порівнянна з похибкою хімічних методів [8].

Високочастотні жироміри принцип дії яких заснований на залежності між величиною одного з електричних параметрів продукту, який міститься у поле високої частоти, і вмістом жиру. Таким параметром є зокрема діелектрична проникність.

Дія високочастотного жироміру для молока типової конструкції засноване на вимірюванні ємності конденсаторного датчика, що містить контрольований продукт. Конденсаторний датчик заповнюється пробойою молока, попередньо розведеною дистильованою водою у певному співвідношенні (1:2 або 1:3). Внаслідок додавання в молоко дистильованої води зменшується наскрізна провідність конденсаторного датчика, і підвищується точність вимірювань.

Датчик високочастотного жироміру молока є електричний конденсатор з обкладинками у вигляді двох коаксіальних кругових циліндрів. При заповненні конденсатора в ньому підтримується постійний рівень рідини.

Внутрішній і зовнішній електроди покриті циліндричними тонкостінними прокладками з оргскла. З вимірювальним приладом датчик з'єднується екранованим кабелем.

Щоб встановити жирність молока, визначають його щільність, готують суміш молока з дистильованою водою, вимірюють температуру молока, ємність конденсаторного датчика заповненого водою (x_1), ємність датчика, заповненого розведеним молоком (x_2), обчислюють різницю $x_1 - x_2$, визначають за графіком градування приладу вміст жиру в молоці $y\%$ і вносять поправку на щільність.

Як показали випробування, похибка високочастотних жиромірів при дослідженні однієї і тієї ж проби молока становить до 0,08%. Проте максимальні розбіжності показань приладу з результатами визначення вмісту жиру хімічними методами становили до 0,17% [25].

Кондуктометричні жироміри принцип дії заснований на залежності електропровідності продукту від вмісту в ньому жиру.

Типова конструкція кондуктометричного жироміру складається з вимірювальної комірки, термометра і вимірювального пристрою. Вимірювальна комірка являє собою ємність, у яку вмонтований двохелектродні датчик і термометр.

Похибка кондуктометричних жироміру, одержувана при вимірюванні вмісту жиру в молоці, занадто велика, тому їх використовують для визначення жирності інших молочних продуктів, але не молока.

Вимоги до вимірювання жирності молока:

Діапазон зміни відносного вмісту жиру в молоці становить (0,10 - 6,5)% від маси продукту.

Хімічний метод щоб визначити зміст жиру в молоці, звільняють жирові кульки від білкових оболонок. Як розчинник застосовують концентровану сірчану кислоту. Для більш повного виділення звільнився від оболонок жиру вживають ізоаміловий спирт. При подальшому центрифугуванні суміші жир,

як найбільш легка складова частина, концентрується в градуйовану шкалою скляного приладу – жироміру [8].

Якщо молоко досліджується незабаром після відбору, то його добре перемішують, перевертаючи до 6 разів закриті пляшки з пробками. При цьому не допускають утворення піни, яка призводить до неправильного відмірювання. Особливо ретельно підливають пробки довго стояв молока. Іноді їх прогрівають у воді, щоб змити жировий шар, що пристав до стінок пляшки, а потім перемішують.

У штатив встановлюють потрібну кількість пронумерованих жироміру. Нумерують жироміри шляхом загинання навколо шкали бляшаних пластинок з висіченими номерами.

У кожен жиромір відмірюють дозатором 10 мл сірчаної кислоти. Потім відбирають піпеткою 10,78 мл (11 г) добре перемішаного молока. Обережно, по стінці вливають молоко в жиромір. Щоб уникнути передчасного розігрівання шар молока повинен розташуватися над шаром кислоти. При цьому кінець піпетки не повинен торкатися сірчаної кислоти [12].

Відмірюють дозатором 1 мл ізоамілового спирту, намагаючись не змочити шийку жироміру, що в подальшому може призвести до вискакування пробки.

Заповнені жироміри закривають гумовими пробками і вставляють у центрифугу, пригвинчують кришку центрифуги і центрифугують 5 хв. зі швидкістю близько 1000 об/хв. Після закінчення центрифугування жироміру на 5 хв. встановлюють пробками вниз у водяну баню при 65°C.

Вийнявши жиромір з лазні і осушивши його серветкою, відраховують кількість жиру за шкалою [8].

Важливими показниками якості молока є зміст сухої речовини, що визначається за допомогою сушильної шафи, і кількість сухого знежиреного залишку (СЗМЗ). Ці величини, крім лабораторних аналізів, можна визначити розрахунковим шляхом. За кількістю жиру в сухій речовині молока можна

судити про натуральність останнього. Якщо жиру в сухій речовині молока виявиться менше 25%, таке молоко викликає підозру в його ненатуральності.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Аналізуючи розглянуті в першому розділі методи визначення жирності молока, порівнюючи характеристики кожного з методів, беручи до уваги швидкодню і точність методів, можна зробити висновок, що ультразвуковий метод є найбільш оптимальний визначення жирності молока за коефіцієнтом поглинання ультразвуку молоком. Ультразвуковий метод визначення жирності дозволяє отримати результат аналізу протягом 2 хвилин, крім того, точність ультразвукового методу (0,1%) дозволяє зменшити похибку системи визначення параметрів якості молока, як остаточного результату. Цей же метод не вимагає хімічної обробки молока і передбачає можливість подальшого використання взятого на аналіз зразка молока.

Поширення ультразвукових хвиль в рідких середовищах залежить від фізико-хімічного складу середовища. У рідинах має місце поширення звукової хвилі в напрямку коливального руху частинок [12].

Швидкість ультразвуку в рідині визначається рівнянням:

$$V = \sqrt{\frac{r}{\kappa}} \quad (2.1)$$

де ρ - щільність;

κ - адіабатична стисливість рідини.

Швидкість поширення ультразвуку в рідинах становить 800 - 2000 м/сек. Вона залежить від складу рідини та її температури. Вплив температури виражається залежністю:

$$C = C_0(1 + mDt) \quad (2.2)$$

де C – швидкість поширення ультразвуку при температурі t , м/сек;

C_0 – швидкість поширення ультразвуку при початковій температурі, м/сек;

t – різниця температур, °C;

μ – температурний градієнт.

У всіх рідинах, крім води, швидкість ультразвуку зі збільшенням температури зменшується. У воді ж при збільшенні температури на 1°C швидкість звуку в середньому збільшується на 2,5 м/сек.

При проходженні ультразвуку через шар рідини певної товщини частина звукової енергії поглинається рідиною.

Співвідношення між амплітудою звукової хвилі до і після проходження через середовище виражається через залежність:

$$A = A_0 e^{-ax} \quad (3.3)$$

де A_0 – амплітуда початкових коливань;

A – амплітуда коливань після проходження середовища;

e – основа натурального логарифма;

x – відстань, яку проходить ультразвуком в середовищі, м;

a – коефіцієнт поглинання, що залежить від властивостей середовища і частоти ультразвукових коливань, m^{-1} .

Швидкість ультразвуку в молоці залежить від вмісту жиру, сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) і температури продукту. Для молока при $t = \text{const}$ справедливо рівняння:

$$V_M = V_w \left(1 - \frac{1}{2} C(x+e) \right) + K \times S, \quad (2.4)$$

$$x = \frac{pf}{pw} - 1, \quad (2.5)$$

$$e = \frac{pw}{pf} \left(\frac{V_w}{V_f} - 1 \right), \quad (2.6)$$

де V_M - швидкість ультразвуку в молоці, м/сек;

V_w і V_f - швидкість ультразвуку у воді і молочному жирі, м/сек;

C - концентрація жиру. %;

S - концентрація СЗМЗ %;

ρ_w і ρ_f - щільність води і молочного жиру;

K – коефіцієнт.

Встановлено, що при $t_x=14\pm 0,2$ °С значення $x+\varepsilon=0$.

Тоді:

$$V_M = V_w + KS \quad (3.7)$$

При температурі 14 °С швидкість ультразвуку в молоці не залежить від вмісту жиру і характеризується тільки змістом СЗМЗ. Коефіцієнт $K=3,8$ при $t=14^\circ\text{C}$ і 2,6 при $t=50^\circ\text{C}$. При температурі 50°С жир знаходиться в молоці у рідкому стані. Для визначення вмісту жиру в молоці по швидкості ультразвуку V_M необхідно усунути вплив змісту СЗМЗ на значення V_M . Тому при аналізі складу молока ультразвуковим методом швидкість ультразвуку вимірюють у пробі молока при двох температурах - 14°С і 50°С.

За швидкістю ультразвуку в молоці при температурі 14°С визначається зміст СЗМЗ. При цій температурі швидкість ультразвуку в молоці не залежить від вмісту в ньому жиру. За швидкістю ультразвуку при температурі 50°С з урахуванням автоматично вводиться поправки на утримання СЗМЗ визначається вміст жиру [25].

Відповідно до формули (2.4) отримуємо формулу для концентрації жиру:

$$C = \frac{1 - \frac{V_M - K \cdot S}{V_w}}{\frac{1}{2}(x + \varepsilon)}. \quad (2.8)$$

Інші елементи формули (2.8) є вже відомими або будуть відомими під час вимірювання і отримання показників сенсорів:

V_M - швидкість ультразвуку в молоці, м/сек; - вимірюється ультразвуковим сенсором пристрою;

V_w і V_f - швидкість ультразвуку у воді і молочному жиру, м/сек – сталі значення, отримані з довідників;

S - концентрація СЗМЗ % – сталі середньо статистичне значення, отримані з довідників;

ρ_w і ρ_f - щільність води і молочного жиру – сталі значення, отримані з довідників;

K – коефіцієнт - сталі значення, отримані з довідника ($\frac{m/c}{СЗМЗ(\%)}$).

Запропоновані й інші температури молока, при яких визначається швидкість ультразвуку для вимірювання вмісту жиру і СЗМЗ. Ці температури відповідно 61 і 43,5°C. Вони вище температури плавлення молочного жиру. Завдяки цьому зменшується похибка вимірювань вмісту жиру і СЗМЗ за рахунок усунення перешкод, пов'язаних з затвердінням і кристалізацією жиру. Однак у цьому випадку дещо ускладнюється схема обчислювального пристрою ультразвукового аналізатора [8].

Вимірювальна апаратура для контролю вмісту жиру і СЗМЗ по швидкості ультразвуку повинна мати високі метрологічні характеристики. Так, визначення швидкості ультразвуку повинно проводитися з похибкою не більше $\pm 0,005\%$, а термостатування молока - з похибкою не більше $\pm 0,2^\circ\text{C}$.

Метод визначення вмісту жиру та білка в молоці теоретично обґрунтований шляхом встановлення взаємозв'язку між фізико-хімічними властивостями молока та показником його електроакустичних властивостей – швидкістю ультразвуку в молоці. З аналізу хімічного складу встановлено, що молоко складається з дисперсійного середовища та дисперсної фази. Основна складова молока – плазма, в якій зібрані найдрібніші краплинки молочного жиру і розчинені компоненти сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ). Ультразвукові хвилі, які розповсюджуються в молоці, здійснюються так швидко, що помітної передачі тепла від одного елементу середовища до іншого

не відбувається, і процес йде, підкоряючись адіабатичному закону. В результаті проведення теоретичних досліджень встановлено, що швидкість ультразвуку в молоці при постійній температурі є функцією густини і адіабатичної стисливості молока. Через те, що складові частини молока – жир, білок, СЗМЗ – мають різну густину, швидкість ультразвуку залежить від масової частини складових компонентів молока. Для оцінки вмісту жиру, загального білка та СЗМЗ в молоці шляхом визначення швидкості ультразвуку є можливим теоретично обґрунтувати взаємозв'язок між швидкістю ультразвуку в молоці та його фізико-хімічними властивостями – густиною, стисливістю, концентраціями складових частин та температурою [25].

При математичному описі залежностей концентрацій жиру, сухого знежиреного молочного залишку та загального білка від швидкості ультразвуку в молоці брався до уваги той факт, що при температурі 14⁰С швидкість ультразвуку не залежить від концентрацій жиру, а характеризується тільки вмістом СЗМЗ та загального білка. За результатами теоретичного обґрунтування були одержані вирази, які відображають взаємозв'язок між швидкістю ультразвуку в молоці при температурі 14⁰С і концентраціями СЗМЗ та загального білка:

$$K_2 = \frac{1}{a_2} \times (C_{0(14)} - C_{3(14)}), \quad (2.9)$$

$$K_3 = \frac{0,4}{a_2} \times (C_{0(14)} - C_{3(14)}), \quad (2.10)$$

де K_2, K_3 – концентрація СЗМЗ, загального білка відповідно, %;

$C_{0(14)}, C_{3(14)}$ – швидкість ультразвуку в молоці та у воді при температурі 14⁰С, м/с;

a_2 – коефіцієнт, який характеризує градієнт зміни швидкості ультразвуку в молоці при зміні концентрацій СЗМЗ та загального білка на 1% при температурі 14⁰С, м/(с%).

Математична залежність між концентраціями жиру в молоці та швидкістю ультразвуку при температурі з діапазону температур 20⁰С...50⁰С з урахуванням автоматичної поправки на концентрацію СЗМЗ описується виразом:

$$K_1 = 100\% \times \frac{b+d}{2 \times b \times d} + \frac{1}{2 \times b \times d} \cdot \sqrt{(b+d)^2 - 4 \times b \times d + \frac{4 \times b \times d \times C_{3(20)}^2}{(C_{0i} - a \times K_2 - m \times Q_i + 42)^2}} \quad (2.11)$$

де K_1 – концентрація жиру, %;

C_{0i} – швидкість ультразвуку в молоці при i -й температурі, м/с;

Q_i – температура молока, ⁰С.

$C_{3(20)}$ – швидкість ультразвуку у воді при температурі 20⁰С, м/с;

a – коефіцієнт, який характеризує градієнт зміни швидкості ультразвуку при зміні концентрації СЗМЗ на 1% при температурі 20⁰С, м/(с×%);

\square – температурний градієнт молока, м/(с×⁰С);

b, d – постійні коефіцієнти, числові величини яких залежать від фізико-хімічних властивостей молока.

Слід відзначити, що температурний діапазон 20⁰С...50⁰С складається з температур, які характеризують фізичний стан молочного жиру в молоці. Враховуючи численні дослідження властивостей молока, встановлено, що температура 20⁰С (точка застигання) характеризує суспензійний стан молочного жиру, при температурі 37⁰С (точка плавлення) жир переходить з суспензійного стану в емульсійний, а при температурах 43,5⁰С, 50⁰С зменшується похибка вимірювань вмісту жиру та СЗМЗ за рахунок усунення перешкод, які пов'язані з твердінням та кристалізацією молочного жиру [25].

Для організації правильною роботи програмного забезпечення для мікроконтролера для початку потрібно розробити алгоритм роботи системи, який являє собою блок-схему. Розробка алгоритму є складним і трудомістким

процесом. Алгоритмізація - це техніка розробки (складання) алгоритму для вирішення конкретної задачі. Алгоритм відрізняється від програми тим, що в ньому міститься тільки опис дій, вироблених над даними, але повністю відсутні будь-які описи даних. Алгоритми містять визначення покрокового процесу обробки даних з описом перетворень даних і функцій управління. Графічний спосіб опису алгоритму (блок-схема) набув найширшого поширення. Для графічного опису алгоритмів використовуються схеми алгоритмів або блокові символи (блоки), які з'єднуються між собою лініями зв'язку. Порядок виконання дій задається шляхом з'єднання вершин дугами, що дозволяє розглядати блок-схеми не тільки як наочну інтерпретацію алгоритму, зручну для сприйняття людиною, але і як зважений орієнтований граф. Подібне уявлення алгоритмів використовується при побудові систем логічного керування, що реалізують задані керуючі алгоритми, в задачах розпаралелювання обчислень.

Відповідно до обраних елементів, які в сукупності і створюють розроблюваний ультразвуковий пристрій для вимірювання температури і жирності молока можна визначити такі основні блоки блок-схеми:

- Визначення температури (сенсор температури).
- Визначення швидкості ультразвуку (ультра звуковий сенсор).
- Обрахунок отриманих результатів (мікроконтролер).
- Відображення результатів обрахунку (дисплей).

Також потрібно передбачити кнопку для початку роботи пристрою, яка при умові її натискання буде давати команди сенсорами починати роботу, тобто знімати показники.

При натисканні кнопки активується сенсор температури, який вимірює температуру досліджуваного молока і повертає значення температури мікроконтролеру, який в свою чергу перевіряє чи задовольняє температура умови обрахунку відповідно до формули (2.10). Якщо температура задовольняє умову мікроконтролер активує ультразвуковий сенсор який повертає значення швидкості проходження ультразвуку в досліджуваному молоці. Після

отримання всіх даних сенсорів мікропроцесор починає обрахунок формули (2.10). Отримані під час обрахунку результати виводяться на дисплей.

Блок-схема алгоритму роботи ультразвукового розроблювального пристрою на мікроконтролері зображено на рис. 2.1.

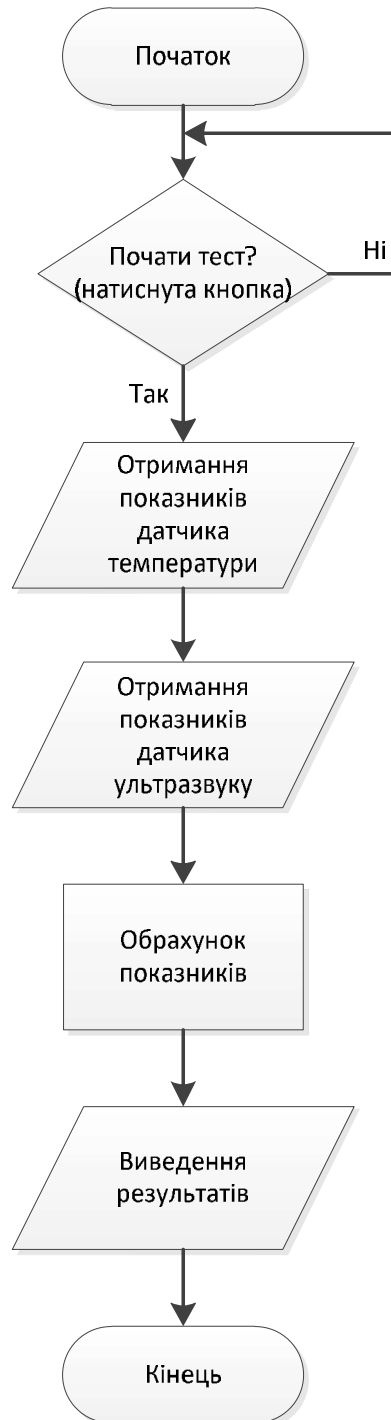


Рисунок 2.1 - Блок-схема алгоритму роботи ультразвукового пристрою

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

В сучасних економічних умовах фермерські або тваринницькі господарства, які виробляють молоко, а також підприємства, які його перероблюють, повинні контролювати склад та якість сировини та готової продукції. Виробництво молока вимагає особливої уваги до питань хімічного складу молока, як продукту з високими харчувальними та дієтичними властивостями, і сировини для різних галузей молочної промисловості. Це в першу чергу стосується такого ціноутворюючого показника, як жирність молока. Вміст жиру в молоці враховується при оплаті як за сировину, так і за готовий продукт молочної промисловості, тому необхідно визначати вміст жиру в молоці з високим ступенем точності. Як показує практика, визначення вмісту жиру та білка в молоці здійснюється методами, які мають ряд недоліків, а саме: висока трудомісткість та велика тривалість одного вимірювання, потреба в значній кількості хімічних реактивів та підвищені вимоги до їх чистоти, складність процесу вимірювання, а також висока вартість обладнання, що заважає його широкому впровадженню.

Тому для усунення цих недоліків при певних характеристиках молока доцільно застосовувати експрес аналіз на основі ультразвукових методів вимірювання речовин та матеріалів.

Принцип дії ультразвукових жиромірів полягає у вимірюванні швидкості розповсюдження, ступеня поглинання або розсіювання ультразвуку в продукті, які залежать від вмісту жиру в молоці. Ця залежність більш різко виражена при температурі 50 ° С.

Типова схема побудови ультразвукових жиромірів така. Ультразвукові коливання, які передаються датчиком занурювального або проточного типу в молоко, сприймаються вторинним приладом, який перетворює їх в електричні сигнали. Блок рахунку імпульсів у відповідності з отриманими сигналами формує показання приладу. На точність вимірювання впливає

температура продукту. Тому підтримка постійної температури молока 50°C є необхідною умовою вимірів з високою точністю (до 0,1% жиру).

Ультразвукові жироміри в порівнянні з фотоелектричними мають ту перевагу, що не вимагають гомогенізації продукту і його розведення або обробки. Однак складність конструкції та експлуатації, а також висока вартість обмежують застосування цих приладів [8].

Жироміри, засновані на вимірюванні питомої теплоємності молока. Принцип дії цих жиромірів заснований на вимірюванні величини питомої теплоємності молока, яка залежить від вмісту в ньому жиру. Молоко нагрівають постійним тепловим потоком від 60°C до 90°C (у цих умовах теплоємність продукту практично мало залежить від температури).

У залежності від вмісту жиру в молоці змінюється величина питомої теплоємності молока і відповідно час нагрівання продукту в зазначеному діапазоні температур.

Посудина, наповнений випробуваним молоком, вміщують у термоізолювану камеру, де молоко підігрівається електро нагрівачем, який харчується постійною напругою від стабілізатора. У посудині побачити два напівпровідникових термоопору. Перше включено в схему вимірювального моста, баланс якого здійснюється при досягненні молоком нижньої межі температури (60°C). При цьому включається таймер. Друге термоопір включено в діагональ вимірювального моста, який врівноважується при досягненні молоком верхньої межі температури (90°C). При цьому таймер зупиняється. За показаннями таймера судять про жирності молока.

Залежність швидкості поширення ультразвукових коливань у матеріалі від температури є “візитною карткою” матеріалу, яка дає змогу робити висновок про можливість його застосування для виготовлення чутливого елемента ультразвукового термометра [13].

Температурна залежність швидкості поширення ультразвукового сигналу лежить в основі ультразвукових імпульсних термометрів, у яких чутливим елементом є відрізок тонкого стрижня. Для вимірювання

температури необхідно прецизійно вимірювати час проходження ультразвукового сигналу через чутливий елемент і далі отримані значення часового інтервалу перетворити на значення температури.

Для вимірювання часу проходження ультразвукового сигналу необхідно вирішувати питання, пов'язані з селекцією робочих луна-імпульсів і формуванням часових між імпульсних інтервалів, для чого застосовувались спеціальні рішення.

Оскільки час проходження ультразвукового сигналу є не довготривалим, а отримані результати оброблятимуться сучасним потужним мікроконтролером дає можливість отримання результатів вимірювання приблизно від 60 до 120 секунд роботи [19].

При виборі основного елемента розроблювальної системи необхідно, з одного боку, уникнути надмірності, а з іншого – забезпечити необхідну для даної задачі гнучкість системи.

Сьогодні при розробці обчислювальних чи вимірювальних систем найчастіше вибирають шлях використання мікроконтролерів (приблизно в 80% випадків). Однокристальні мікроконтролери є зручним інструментом для створення сучасних вбудованих пристроїв керування різним обладнанням, наприклад, вимірювальними приладами, автомобільною електронікою, побутовою технікою, мобільними телефонами тощо [19].

Для розроблення ультразвукової мікроконтролерної системи необхідно передбачити такі основні технічні параметри (таблиця 3.1).

Оскільки мікроконтролери повністю можуть забезпечити необхідні характеристики та параметри системи. Класичні мікропроцесорні системи на базі мікросхем мікропроцесорних комплектів випускаються зараз досить рідко, через складність розробки і налагодження цих систем.

Таблиця 3.1 – Технічні параметри

Параметр	Значення
Діапазон температури молока	1°C – 65 °C
Діапазон жирності молока	0,01% - 35%
Мінімальний об'єм для аналізу	25-50 мл
Час проведення аналізу	60-240 с
Габаритні розміри	до 20x50x50 см
Маса	1-2 кг

Тому використання мікропроцесорних систем вибирають в основному тоді, коли мікроконтролери не можуть забезпечити необхідних характеристик.

4 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Структурна схема вимірювань температури та жирності

Сучасну мікроелектроніку важко уявити без такої важливої складової, як мікроконтролер. Мікроконтролери непомітно завоювали світ. В останній час на допомогу людині пришла ціла армія електронних помічників. Ми привикли до них і часто навіть не підозрюємо, що в багатьох таких пристроях працює мікроконтролер.

Мікроконтролерні технології дуже ефективні. Один і той же пристрій, який раніше збирався на традиційних елементах, будучи зібрано з використанням мікроконтролерів, становиться простіше. Вони не потребують налагоджування та менші за розміром. Крім цього, з використанням мікроконтролерів з'являються практично безмежні можливості по додаванню нових споживчих функцій та можливостей до вже існуючих пристроїв.

Мікроконтролерами називають кремнієві кристали, на яких розташовані від десятків тисяч до мільйонів транзисторів.

За своєю суттю, мікроконтролер це і є той же мікропроцесор, тільки з більш слабким обчислювальним пристроєм (ядром) і додатковими модулями, розміщеними в одному корпусі, а якщо бути точніше на одному кристалі. Ідею, розміщувати на одному кристалі не тільки сам процесор, але й пам'ять, таймери, порти вводу-виводу і різні периферійні пристрої в 1971 році запропонувала фірма Texas Instruments. Це було необхідно для створення простих обчислювальних систем, де б не була потрібна велика продуктивність, але була б важлива вартість готового продукту. Тому, при проектуванні мікропроцесорних систем важливо чітко вловити ту межу, де

слід ускладнити пристрій в цілому і застосувати мікропроцесор, а де можна знайти вдале рішення і використовувати мікроконтролер [23].

У сучасному житті мікроконтролери застосовуються у всіх сферах життя, починаючи від мікрохвильової і закінчуючи складними системами управління. Звичайно, в порівнянні з першими моделями, у багато разів збільшилася продуктивність, з'явилися додаткові можливості (наприклад, підключення зовнішньої пам'яті), кількість розміщується на кристалі периферії стало стільки, що при розробці нескладних проектів, досить мати сам мікроконтролер, зробити "обв'язку", підключити джерело живлення і можна сказати, що пристрій готовий.

Отже, підводячи підсумок всього перерахованого можна сказати, що мікроконтролери прийшли на зміну мікропроцесорів в простих системах, спростили життя розробникам, і зробили більш дешевим і відповідно доступним кінцевий продукт.

Мікроконтролер (MCU) - мікросхема, призначена для керування електронними пристроями. Типовий мікроконтролер поєднує в собі функції процесора і периферійних пристроїв, може містити ОЗУ і ПЗУ. По суті, це однокристальний комп'ютер, здатний виконувати прості завдання. Використання однієї мікросхеми, замість цілого набору, як у випадку звичайних процесорів, що застосовуються в персональних комп'ютерах, значно знижує розміри, енергоспоживання і вартість пристроїв, побудованих на базі мікроконтролерів. Мікроконтролери є основою для побудови вбудованих систем, їх можна зустріти в багатьох сучасних приладах, таких, як телефони, пральні машини і т. п.

Мікроконтролерною системою називається найбільш простий тип мікропроцесорних систем, у яких всі або більшість вузлів системи (процесор, пам'ять даних і програм, програмовані інтерфейси) виконані у вигляді однієї великої інтегральної мікросхеми (ВІС). Системна шина мікроконтролера «схована» від користувача усередині мікросхеми. Можливості підключення зовнішніх пристроїв до мікроконтролера обмежені. Мікроконтролер – це

пристрої, що практично завжди використовуються не самі по собі, а в складі більш складних пристроїв (наприклад, контролерів). Пристрої на мікроконтролері звичайно призначені для рішення однієї конкретної задачі або обмеженого кола задач – як правило, керування і регулювання [23].

Переваги мікроконтролерів перед приладами побудованими на логічних елементах очевидні. Якщо раніше треба було багато мікросхем для реалізації якоїсь функції то зараз з цим може справитися одна невелика мікросхема. Маючи невелику напругу живлення і просту систему команд мікроконтролери можуть вирішувати багато різних проблем. Переваги мікроконтролерів також і в їх розмірах і можливістю працювати з різними типам тактових генераторів. Це може бути і RC ланцюг, і кварцовий резонатор на частоти до 20МГц. Застосування мікроконтролерів дозволяє зменшити масу і габарити електронних пристроїв, збільшити число виконуваних ними функцій.

Таким чином керуючись вищеназваними перевагами пристроїв розроблених на мікроконтролерах перед пристроями які розроблені на логічних елементах, вважаю що мікроконтролер ідеально підходить.

Для визначення основних функціональних частин розроблювальної мікроконтролерної системи їх взаємозв'язків та призначення створимо структурну схему. До функціональних частин структурних схем відносяться складові частини системи, такі як окремий елемент, пристрій, функціональна група, функціональна ланка.

Структурна схема призначена для відображення загальної структури розроблювальної мікроконтролерної системи, її основних вузлів, частин та головних зв'язків між ними. На рисунку 4.1 зображено структурну схему розроблювальної ультразвукової мікроконтролерної системи.



Рисунок 4.1 – Структурна схема мікроконтролерної системи

Структурна схема розроблювальної мікроконтролерної системи складається з трьох основних частин: блок сенсорів (А), блок виведення (В) та власне сам мікроконтролер.

Основним компонентом системи є мікроконтролер. За допомогою мікроконтролера виконуються контроль всіх під'єднаних до нього частин і компонентів, а також виконує обчислення отриманої від блоку сенсорів інформації та передає обчислені дані в блок виведення (В).

Блок сенсорів виконує функцію отримання інформації від зовнішнього середовища та досліджуваної речовини, зокрема молока. Згідно структурної схеми мікроконтролерної системи блок сенсорів складається з трьох сенсорів – два ультразвукових сенсори та один сенсор температури.

Для визначення температури досліджуваної речовини, в даному випадку молоко, в мікроконтролерній системі передбачено сенсор температури.

Передбачено два ультразвукових сенсорів для визначення жирності молока. Один з сенсорів за допомогою електроакустичного випромінювання посилає в речовину, що досліджується (молоко), акустичні коливання ультразвукової частоти, інший, другий ультразвуковий сенсор, отримує випромінюваний сигнал. Після цього мікроконтролер визначає швидкість проходження ультразвукових коливань через досліджувану речовину.

Блок виведення – це спосіб виведення обчислених мікроконтролером даних на екран.

4.2 Вибір вузлів мікроконтролерної системи

Мікроконтролери являють собою ефективний засіб автоматизації різноманітних об'єктів і процесів.

AVR мікроконтролери фірми Atmel - 8-бітові RISC-мікроконтролери для вбудованих додатків є, мабуть, найбільш цікавим напрямком, що розвивається фірмою. Вони являють собою потужний інструмент, прекрасну основу для створення сучасних високопродуктивних і економічних вбудованих контролерів багатоцільового призначення.

Незважаючи на те, що мікроконтролери AVR з'явилися на ринку близько 10 років тому, їх популярність досі дуже висока. З кожним роком вони захоплюють все нові і нові ніші на ринку. Не останню роль в цьому відіграє співвідношення показників ціна / швидкодія / енергоспоживання, досі є чи не найкращим на ринку 8-бітних мікроконтролерів. Крім того, постійно зростає кількість випущених сторонніми виробниками різноманітних програмних і апаратних засобів підтримки розробок пристроїв на їх основі. Все це дозволяє говорити про мікроконтролери AVR, як про індустріальний стандарт серед 8-бітних мікроконтролерів [20].

В даний час в рамках єдиної базової архітектури мікроконтролери AVR поділяються на кілька сімейств:

- Tiny AVR;
- Mega AVR;
- Mega AVR для спеціальних застосувань;
- ASIC / FPGA AVR.

Мікроконтролери сімейства Mega мають найбільш розвинену периферію, найбільші серед всіх мікроконтролерів AVR обсяги пам'яті програм і даних. Вони призначені для використання в мобільних телефонах, в контролерах різного периферійного обладнання (такого як принтери, сканери, сучасні дискові накопичувачі, приводи CD-ROM / DVD-ROM і т. п.), в складній офісній техніці. Мікроконтролери сімейства Mega підтримують кілька режимів зниженого енергоспоживання, мають блок переривань, сторожовий таймер і допускають програмування безпосередньо в готовому пристрої.

До особливостей мікроконтролерів AVR сімейства MEGA можна віднести:

- FLASH пам'ять програм від 8 до 256 Кбайт;
- оперативна пам'ять (статичний ОЗП) об'ємом від 512 байт до 8 Кб;
- пам'ять даних на основі EEPROM об'ємом від 256 байт до 4 Кб (число циклів стирання/запису не менше 100000);
- можливість захисту від зчитування та модифікації пам'яті програм та даних;
- можливість програмування безпосередньо в системі через послідовні інтерфейси SPI та JTAG;
- можливість само програмування;
- різні способи синхронізації: вмонтований RC –генератор з внутрішньою та зовнішньою часу задаючою RC – ланцюгом, вмонтований генератор з зовнішнім кварцовим або п'єзокерамічним резонатором, зовнішній сигнал синхронізації.

В якості мікроконтролера використаємо мікроконтролер сімейства AVR фірми Atmel з спрощеною системою команд ATmega328P (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Мікроконтролер ATmega328P

В таблиці 4.1 наведено основні параметри мікроконтролера ATmega328P.

Таблиця 4.1 Основні параметри мікроконтролера ATmega328P

Параметри	Значення
Flash (Kbytes):	32 Kbytes
Pin Count:	32
Max. Operating Freq. (MHz):	20 MHz
CPU:	8-bit AVR
# of Touch Channels:	16
Max I/O Pins:	23
Ext Interrupts:	24

ATmega328P - високопродуктивний Atmel picoPower 8-розрядний мікроконтролер, що об'єднує в собі:

- 32 КБ ISP флеш-пам'яті з можливістю читання під час запису;
- 1024b енергонезалежної пам'яті EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory - постійний запам'ятовувальний пристрій, що програмується та очищується за допомогою електрики). Пам'ять такого типу може очищуватися та заповнюватися інформацією декілька десятків тисяч разів. Використовується в твердотільних накопичувачах. Одним з різновидів EEPROM є флеш-пам'ять;

- 2КВ статичної оперативної пам'яті з довільним доступом SRAM (static random access memory). Це напівпровідникова оперативна пам'ять, в якій кожен двійковий розряд зберігається в схемі з додатним зворотним зв'язком, що не потребує регенерації, необхідної в динамічній пам'яті (DRAM). Але зберігати дані без перезапису SRAM можливо тільки поки є живлення, тобто SRAM залишається енергозалежним типом пам'яті. Довільний доступ (RAM — random access memory) — можливість вибирати для запису/зчитування будь-який з бітів (частіше байтів, залежить від особливостей конструкції), на відміну від пам'яті з послідовним доступом (SAM — sequential access memory) [2];
- 23 порти введення / виводу загального призначення;
- 32 робочих регістри загального призначення, 3 гнучких таймера/лічильники з режимами порівняння, внутрішні і зовнішні переривання, послідовний програмований USART;
- байт-орієнтований послідовний інтерфейс двох провідний, послідовний порт SPI;
- 6-канальний 10-бітний/D конвертер (8-каналів в TQFP і QFN / МФ пакети), програмований сторожовий таймер з внутрішнім генератором, і п'ять програмованих режимів економії. Пристрій працює в діапазоні 1.8-5.5 вольт.

В якості апаратно-обчислювальної платформи, яка базується на обраному вище мікроконтролері виберимо Arduino Uno (рис. 4.3) основними компонентами якої є плата вводу/виводу та середовище розробки на мові Processing/Wiring.

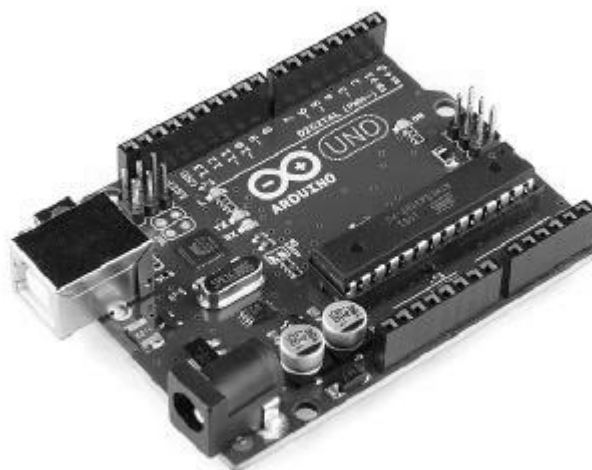


Рисунок 4.3 – Зовнішній вигляд Arduino Uno R3

Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері (Adobe Flash, Processing, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider) [2]. Інформація про плату (малюнок друкованої плати) знаходиться у відкритому доступі (рис. 4.4).

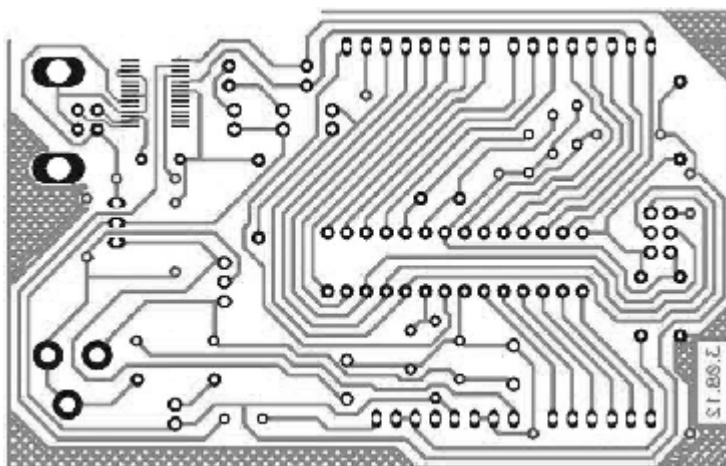


Рисунок 4.4 – Друкована плата Arduino Uno

Переваги платформи Arduino Uno:

- інтегроване середовище розробки Arduino IDE ґрунтується на компіляторі мови Cі AVRGCC;

- живлення, програмування і комунікація платформи Arduino Uno здійснюється за допомогою одного кабелю USB (або кабелю з адаптером на спеціалізованій мікросхемі FTDI);

- з вбудованими бібліотеками ви можна реалізувати за лічені хвилини якийсь простий проект, не замислюючись, як ці бібліотеки реалізовані, і як працюють. Повільно відбувається читання кнопок, відображення даних на РК дисплеї або їх відправка по послідовному інтерфейсу, робота з електродвигунами;

- комунікація по послідовному інтерфейсу і SPI, і стандартна.

До недоліків платформи Arduino Uno можна віднести:

- Arduino IDE - це найгірший і самий непридатний редактор коду після «Блокнота»;

- Завантажувач Arduino. Для того, щоб завершити якийсь Arduino-пристрій (систему), доведеться вручну запрограмувати завантажувач в кожен «чистий» мікроконтролер ATmega. Це зменшує доступний обсяг Flash-пам'яті програм на 2 кбайт.

Arduino Uno може отримувати живлення підключенням через USB або від зовнішнього джерела живлення. Джерело живлення вибирається автоматично.

Зовнішнє живлення (не USB) може подаватися через перетворювач напруги AC/DC (блок живлення) або акумуляторну батарею [2].

Перетворювач напруги підключається за допомогою роз'єму 2.1 мм з центральним позитивним полюсом. Проводи від батареї підключаються до виходів Gnd і Vin роз'єму живлення.

Платформа може працювати при зовнішньому живленні від 6 В до 20 В. При напрузі живлення нижче 7 В, вихід 5V може видавати менше 5 В, при цьому платформа може працювати нестабільно.

При використанні напруги вище 12 В регулятор напруги може перегрітися і пошкодити плату. Рекомендований діапазон від 7 В до 12 В.

Виходи живлення плати Arduino Uno:

- VIN. Вхід використовується для подачі живлення від зовнішнього джерела (при відсутності 5В від роз'єму USB або іншого регульованого джерела живлення). подача напруги живлення відбувається через даний вихід.

- 5V. Регульоване джерело напруги, що використовується для живлення мікроконтролера і компонентів на платі. Живлення може подаватися від входу VIN через регулятор напруги, або від роз'єму USB, або іншого регульованого джерела напруги 5 В.

- 3V3. Напруга на контакті 3.3 В генерується вбудованим регулятором на платі. Максимальне споживання струму 50 мА.

- GND. контакт заземлення.

Мікроконтролер ATmega328 своєму розпорядженні 32 Кб флеш пам'яті, з яких 0.5 Кб використовується для зберігання завантажувача, а також 2 Кб ОЗУ (SRAM) і 1 Кб EEPROM (яка читається і записується за допомогою бібліотеки EEPROM).

Кожен з 14 цифрових контактів Uno може налаштований як вхід або вихід, використовуючи функції pinMode (), digitalWrite (), і digitalRead (),.. Контакти працюють при нарузі 5 В. Кожен контакт має навантажувальний резистор (за замовчуванням відключений) 20-50 кОм і може пропускати до 40 мА. Деякі контакти мають особливі функції:

- Послідовна шина: 0 (RX) і 1 (TX). Контакти використовуються для отримання (RX) і передачі (TX) даних TTL. Дані контакти підключені до відповідних контактів мікросхеми послідовної шини ATmega8U2 USB-to-TTL.

- Зовнішнє переривання: 2 і 3. Дані контакти можуть бути налаштовані на виклик переривання або на молодшому значенні, або на передньому чи задньому фронті, або при зміні значення. Детальна інформація знаходиться в описі функції attachInterrupt ().

- Широтно-імпульсна модуляція: 3, 5, 6, 9, 10, і 11. Будь-який з висновків забезпечує широтно-імпульсну модуляцію з роздільною здатністю 8 біт за допомогою функції analogWrite () [7].

- SPI (Serial Peripheral Interface) - послідовний периферійний інтерфейс: 10 (SS - Slave Select), 11 (MOSI- Master Out Slave In), 12 (MISO - Master In Slave Out), 13 (SCK - Serial Clock). За допомогою даних контактів здійснюється зв'язок SPI, для чого використовується бібліотека SPI.

- LED (Light-emitting diode): 13. Вбудований світло діод, підключений до цифрового контакту 13. Якщо значення на виводі має високий потенціал, то світло діод горить.

На платформі Uno встановлені 6 аналогових входів (позначених як A0 .. A5), кожен роздільною здатністю 10 біт (тобто може приймати 1024 різних значення). Стандартно контакти мають діапазон вимірювання до 5 В відносно землі, проте є можливість змінити верхню межу допомогою виводу AREF і функції `analogReference ()`. Деякі контакти мають додаткові функції:

- I²C (Inter-Integrated Circuit): 4 (SDA) і 5 (SCL). За допомогою контактів здійснюється зв'язок I²C (TWI), для створення якої використовується бібліотека `Wire`.

Додаткова пара контактів платформи:

- AREF. Опорна напруга для аналогових входів. Використовується з функцією `analogReference ()`.

- Reset. Низький рівень сигналу на виводі перезавантажує мікроконтролер. Звичайно застосовується для підключення кнопки перезавантаження на платі розширення, що закриває доступ до кнопки на самій платі Arduino [20].

В Arduino Uno вбудований само відновлюючий запобіжник (автомат), що захищає порт USB комп'ютера від струмів короткого замикання і надструмів. Хоча практично всі комп'ютери мають подібний захист, тим не менш, даний запобіжник забезпечує додатковий бар'єр. Запобіжник спрацьовує при проходженні струму більше 500 мА через USB порт і розмикає ланцюг до того часу поки нормальні значення струмів не будуть відновлені.

Довжина і ширина друкованої плати Uno складають 6.9 і 5.3 см відповідно. Роз'єм USB і силовий роз'єм виходять за межі даних розмірів. Чотири отвори в

платі дозволяють закріпити її на поверхні. Відстань між цифровими контактами 7 і 8 дорівнює 0,4 см, хоча між іншими контактами вона становить 0,25 см.

Для створення ультразвукової мікроконтролерної системи, потрібно забезпечити зв'язок апаратно-обчислювальної платформи із зовнішнім середовищем для визначення необхідних властивостей.

Платформа Arduino може отримувати дані про навколишнє середовище за допомогою сенсорів (датчиків) та регуляторів, керуючи світлом, міні моторами та іншими приводами [20].

Сенсорами або давачем інформації називають вимірювальний пристрій у вигляді конструктивної сукупності одного або декількох вимірювальних перетворювачів величини, що вимірюється і контролюється, у вихідний сигнал для дистанційної передачі та використання в системах керування і має нормовані метрологічні характеристики.

Відповідно до структурної схеми мікроконтролерна система включає температурний сенсор, ультразвуковий сенсор та LCD екран.

Для платформи Arduino існує широкий спектр офіційних розширень та сенсорів так званих шілдів (від англ.. shields).

Для вимірювання температури використовуємо сенсор температури DS18B20 зображений на рисунку 4.5 [18].



Рисунок 4.5 – Сенсор температури DS18B20

Діапазон вимірюваних температур сенсора коливається від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$. Зчитуваний з сенсора цифровий код є прямим безпосереднім кодом вимірюного значення температури і не потребує додаткових перетворення.

Користувачем може програмуватися роздільна здатність вбудованого АЦП що коливається в діапазоні від 9 до 12 розрядів вихідного коду(рис. 4.6).

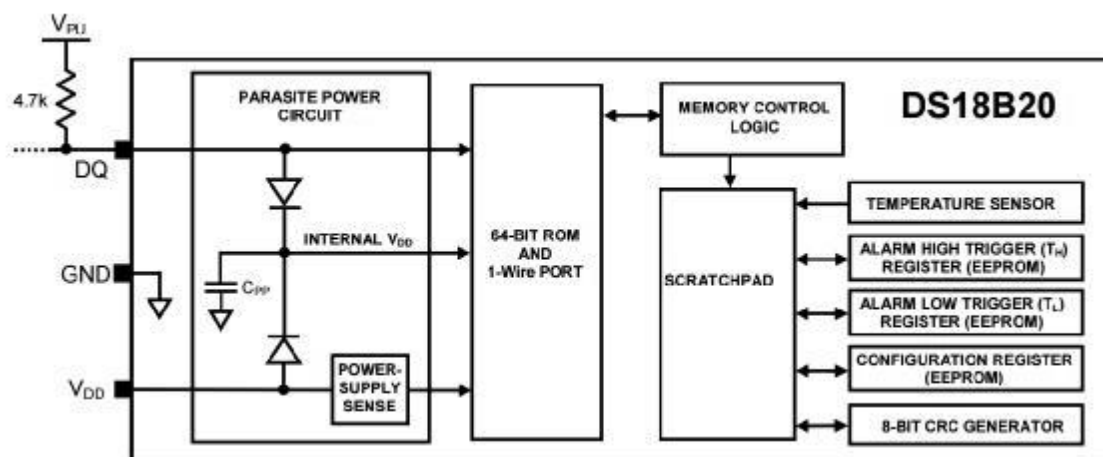


Рисунок 4.6 – Блок-схема сенсора DS18B20

Абсолютна похибка перетворення менше $0,5^{\circ}\text{C}$ в діапазоні контрольованих температур -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$. Максимальний час повного 12-ти розрядного перетворення $\sim 750\text{мс}$ (при дозволі на 12 розрядів). Для підключення потрібно резистор $4,7\text{k}\Omega$ (рис. 4.7).

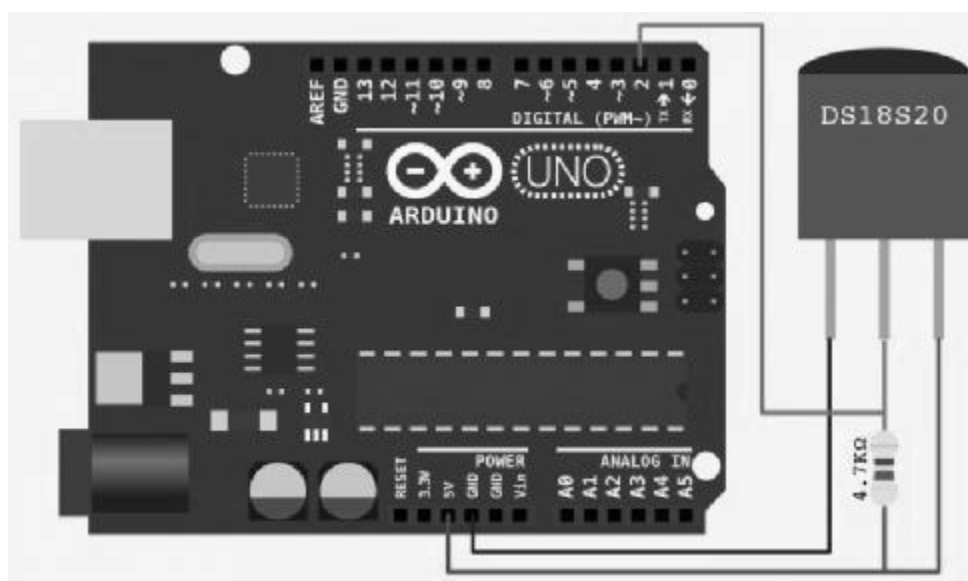


Рисунок 4.7 – Схема підключення сенсора DS18B20

Внутрішня незалежна пам'ять температурних установок забезпечує запис довільних значень верхньої та нижньої межі установок. Крім того, мікросхема містить вбудований логічний механізм пріоритетною сигналізації в лінію про факт виходу температури за один з обраних порогів.

Вузол 1-Wire-інтерфейсу приладу організований таким чином, що існує теоретична можливість адресації необмеженої кількості подібних пристроїв на однопровідній лінії [18].

Термометр має індивідуальний 64-розрядний реєстраційний номер (груповий код 028H) і забезпечує можливість роботи без зовнішнього джерела живлення, тільки за рахунок паразитного живлення однопровідної лінії. Живлення приладу через окремий зовнішній контакт виконується з напругою від 3.0В до 5.5В.

В таблиці 4.2 визначено основні параметри температурного сенсора.

Таблиця 4.2 - Основні параметри сенсора DS18B20

Параметри	Значення
Живлення	3.0 - 5.5В
Діапазон температур	від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ (-67°F до $+257^{\circ}\text{F}$)
Точність	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ від -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$
Розрядність	від 9 до 12 біт

Як ультразвуковий сенсор обрано розширення платформи Arduino ультразвуковий сенсор HC-SR04 (рис. 4.8).

HC-SR04 це стабільний і точний ультразвуковий сенсор (сонар) відстані який не має "сліпих зон". Може вимірювати відстань від 0 см до 1500мм, точність досягає 3 мм.

Принцип роботи сенсора:

- на вихід тригера посилаємо високий рівень протягом як мінімум 10мкс

- модуль починає відсилати ультразвукові імпульси з частотою 40 кГц і приймає їх назад, якщо в зоні видимості є які-небудь перешкоди.

якщо сигнал повертається, модуль встановлює низький рівень на виході відлуння на 150мс. За часом, який минув з п.1 до низького рівня на виході відлуння можна розрахувати відстань до перешкоди за формулою відстань = (час швидкість * звук) / 2, де час - заміряне час імпульсу, швидкість звуку - швидкість звуку (340м/с).



Рисунок 4.8 – Ультразвуковий сенсор HC-SR04

В таблиці 4.3 наведено параметри сенсора HC-SR04 [22].

На рисунку 4.9 зображено спосіб підключення сенсора до платформи Arduino Uno R3.

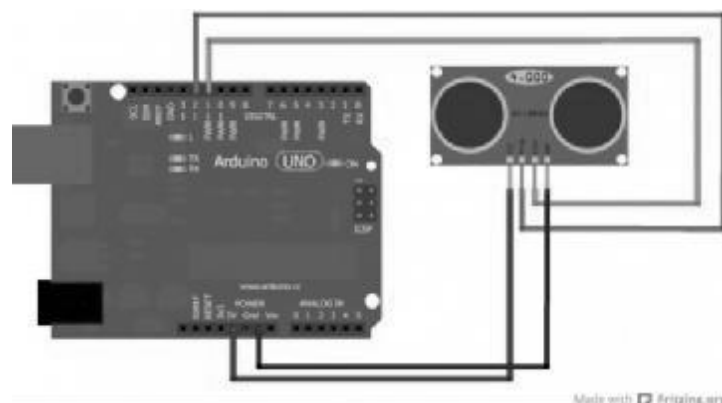


Рисунок 4.9 – Схема підключення сенсора HC-SR04

Таблиця 4.3 – Основні параметри ультразвукового сенсора HC-SR04

Параметри	Значення
Робоча напруга	3,8 - 5.5В
Тип	HC-SR04
Споживаний струм	8 мА
Частота	40 кГц
Максимальна дистанція	1500 мм
Мінімальна дистанція	0 см
Дозвіл	3 мм
Ширина імпульсів	10 мкс
Кут	15 градусів
Зовнішні габарити	37x20x15 мм

Електрична принципова схема підключення сенсора HC-SR04 зображено на рисунку 4.10

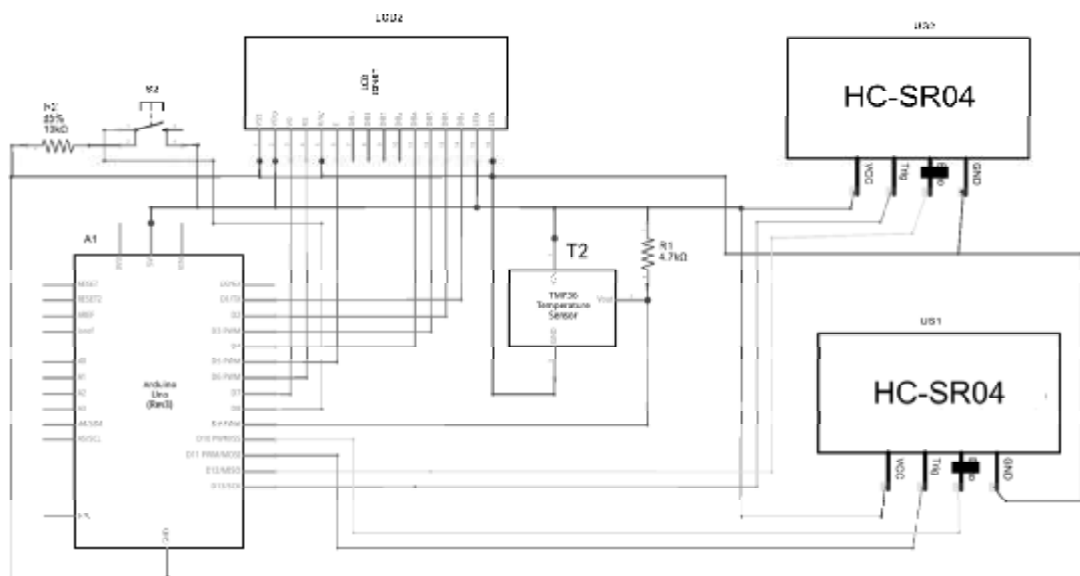


Рисунок 4.10 – Схема принципова підключення сенсора HC-SR04

Для відображення отриманих від мікроконтролера розрахунків використовується дисплей LCD 16x2 з під світлою (рис. 4.11).



Рисунок 4.11 – Плата розширення Arduino дисплей LCD 16x2

LCD-дисплей для підключення до Arduino має два рядки по 16 символів у кожному (табл. 4.4). Працює зі стандартною бібліотекою LiquidCrystal з додатку Arduino IDE [6].

Таблиця 4.4 – Основні параметри LCD дисплею 16x2

Параметри	Значення
Розміри	80 x 36мм
Робоча температура	0 ~ 50 ° C
Колір підсвічування	синій
Колір символів	білий
Розмір символу	4,35 x 2.95мм
Формат	16 x 2
Розміри точки	0,5 x 0.5мм
Інтерфейс	HD44780
Видима область	64,5 x 13.8мм
Живлення	5В

LCD-дисплей має паралельний інтерфейс, це означає, що мікроконтролер має маніпулювати кількома контактами інтерфейсу відразу для управління відображенням символів. Інтерфейс складається з наступних контактів:

- Register select (RS) контакт, який керує, де в пам'яті LCD-дисплея записувати дані. Є можливість вибрати будь який регістр даних, який містить те, що відбувається на екрані, або регістр команд, який є тим, де контролер LCD-дисплея шукає інструкції, що робити далі;

- Read/Write (R/W) контакт, який вказує чи вибрано режим читання або режим запису;

- Enable контакт, який дозволяє(або забороняє) писати в регістри;

- 8 контактів даних (D0 -D7). Станом цих контактів (високим чи низьким), є біти, що ви пишете в регістр (коли ви пишете), або значень, що ви читаете (коли ви читаете) [6].

Також LDC-дисплей забезпечується контактом V_0 , контактами живлення (+ 5V і GND) і світло діодним підсвічуванням (Bklt + і Bklt-) контактами, які можна використовувати для живлення дисплею, контролювати контрастність дисплею, включати і вимикати світло діодне підсвічування, відповідно.

Процес управління відображенням включає в себе запис даних, які формують образ того, що ви хочете відобразити в регістри даних, та класти інструкції в регістр команд. LiquidCrystal бібліотека спрощує це, тому не потрібно використовувати інструкції низького рівня.

Також можна регулювати дисплей в двох режимах: 4-бітний або 8-бітний. 4-бітному режиму потрібно сім I/O контактів з Arduino, в той час як 8-бітному режиму потрібно 11 контактів. Для відображення тексту на екрані, можна зробити практично все. На рисунку 4.12 Відображається схема підключення дисплею до плати розширення Arduino [6].

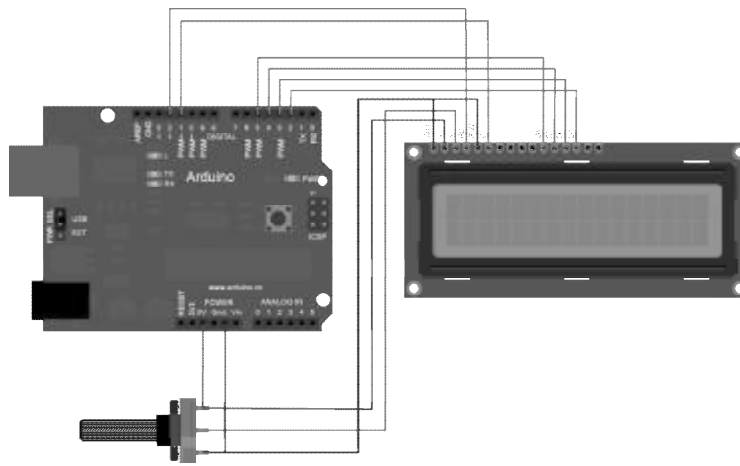


Рисунок 4.12 – Схема підключення дисплею LCD 16x2

4.3 Розробка електричної принципової схеми пристрою

Для розроблення електричної принципової схеми потрібно створити прототип мікроконтролерної системи. Платформою Arduino передбачені спеціальні макетні плати для створення прототипів. На рисунку 4.13 зображено макетна плата з комплекту розширень Arduino.



Рисунок 4.13 – Макетна плата

Макетні плати використовуються для створення прототипів систем без пайки. Для виготовлення тимчасових схем і моделювання прототипів цих схем застосовуються розширення для платформи Arduino, які не вимагають абсолютно ніякої пайки.

Прототип використовується для процесу тестування розробленої моделі, методом створення попередньої моделі, з інших вже розроблених або скопійованих частин систем, і це є одним з найпоширеніших застосувань макетів. Переважно в якості таких частин виступають офіційні та неофіційні розширення для апаратно-обчислювальних платформ Arduino, які значного розширюють стандартні можливості платформи. Якщо ви не знаєте, як схема буде реагувати при даному наборі параметрів, то кращий спосіб перевірити розроблювальну систему, побудувати дослідний зразок [2].

Іншим загальним використанням макетів є тестування нових деталей, таких як інтегральні схеми (IC). Коли необхідно з'ясувати, як частина нової системи при тривалому навантаженні може вийти з ладу.

При створенні прототипу існує ймовірність виходу певних частин системи з ладу без можливості їх відновлення. Для зменшення несправних елементів при створення прототипу можна використати програмне забезпечення Fritzing.

Fritzing є програмним забезпеченням з відкритим вихідним кодом, щоб підтримати розробників прототипів, перейти від віртуальних до фізичних прототипів, а згодом і до реального продукту. Вона була розроблена в Університеті прикладних наук Потсдамі.

Програмне забезпечення створено в дусі мови програмування для мікроконтролерів Arduino дозволяє розробникам документувати свої моделі на основі прототипу і створити PCB макет для виготовлення.

Fritzing розглядають як електронний автоматизований інструмент проектування (EDA). На рисунку 4.14 зображено прототип розроблювальної мікроконтролерної системи в програмному середовищі Fritzing [3].

Під час створення прототипу мікроконтролерної системи досягнуто раціонального розміщення всіх елементів, як виявилось, обмеженій для скількох елементів, цифрових контактів платформи Arduino Uno R3. При створенні прототипу було використано всі 14 цифрових контактів, а також контакти живлення та земля. Проте потрібно передбачити можливість розширення системи і залишити декілька цифрових контактів для майбутніх

розширень та удосконалень мікроконтролерної системи. Тому для майбутніх модифікації можна використовувати послідовний I2C інтерфейс [2].

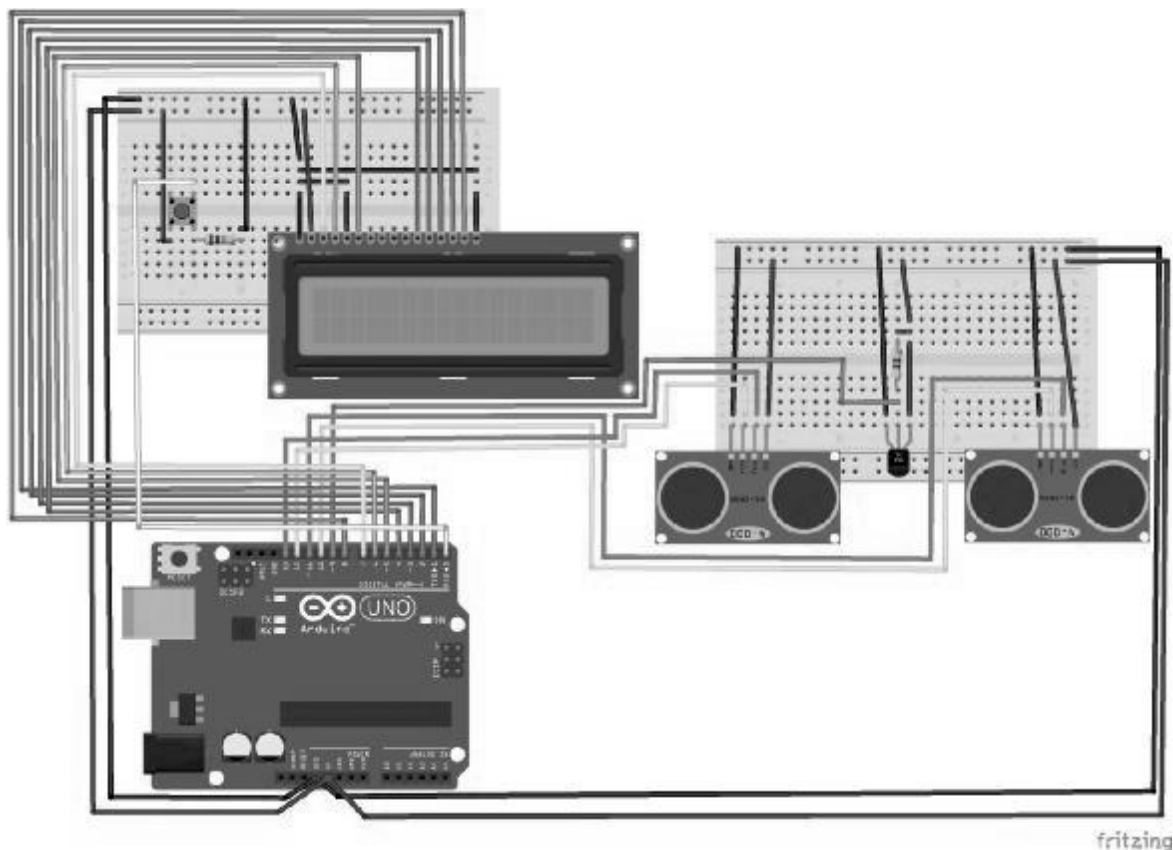


Рисунок 4.14 – Прототип мікроконтролерної системи в середовищі Fritzing.

Після створення прототипу проводиться розробка електрично-принципової схеми. Принципові електричні схеми призначені для повного відображення взаємозв'язків пристроїв з урахуванням принципів їх дії і послідовності роботи. На принципових електричних схемах електричні елементи зображують за допомогою умовних позначень, а також вказують лінії зв'язків між ними, блоками та модулями. На схемі, також, розміщується наступна інформація: умовне зображення принципу роботи функціональних вузлів, пояснювальні написи, частини окремих елементів, діаграми переключення контактів, а також перелік використовуваних в даній схемі пристроїв [1].

Принципові електричні схеми використовуються при монтажі

електроустаткування. Однак, складання «локальних» електричних схем стане доброю допомогою. Спочатку на схемі визначається система електроживлення, обмоток, реле, електромагнітів, регуляторів. Для кожного джерела живлення визначається вид струму, напруга, фази в колах змінного струму і полярність – постійного. Ознайомлення з системою електроживлення допомагає визначити порядок роботи. При складанні принципів електричних схем слід враховувати наступні фактори:

- всі елементи електричного пристрою показуються окремо і розміщуються в різних місцях схеми в залежності від порядку виконуваних дій;

- на електросхемі показуються всі електричні зв'язки елементів, що входять в неї;

- релейно-контактні схеми складають з урахуванням мінімального навантаження контактів реле;

- при створенні схеми слід використовувати мінімально можливу кількість елементів, тим самим підвищуючи надійність обладнання;

- слід використовувати засоби електричного захисту і блокування, які допоможуть уникнути аварійних ситуацій;

- в складних схемах доцільно використовувати сигнальні системи;

- для зручності монтажу всі затискачі елементів і проводи на схемі маркуються [11].

Розробники платформи Arduino поширюють всі продукти як апаратне забезпечення з відкритим кодом. Тому електронно-принципову схему Arduino Uno R3 можна завантажити з офіційного сайту і вона відображена на рисунку 4.15.

Програмне середовище Fritzing передбачає також можливість створення електричних принципів схем. Середовище Fritzing для розроблення схем зображене на рисунку 4.16 [3].

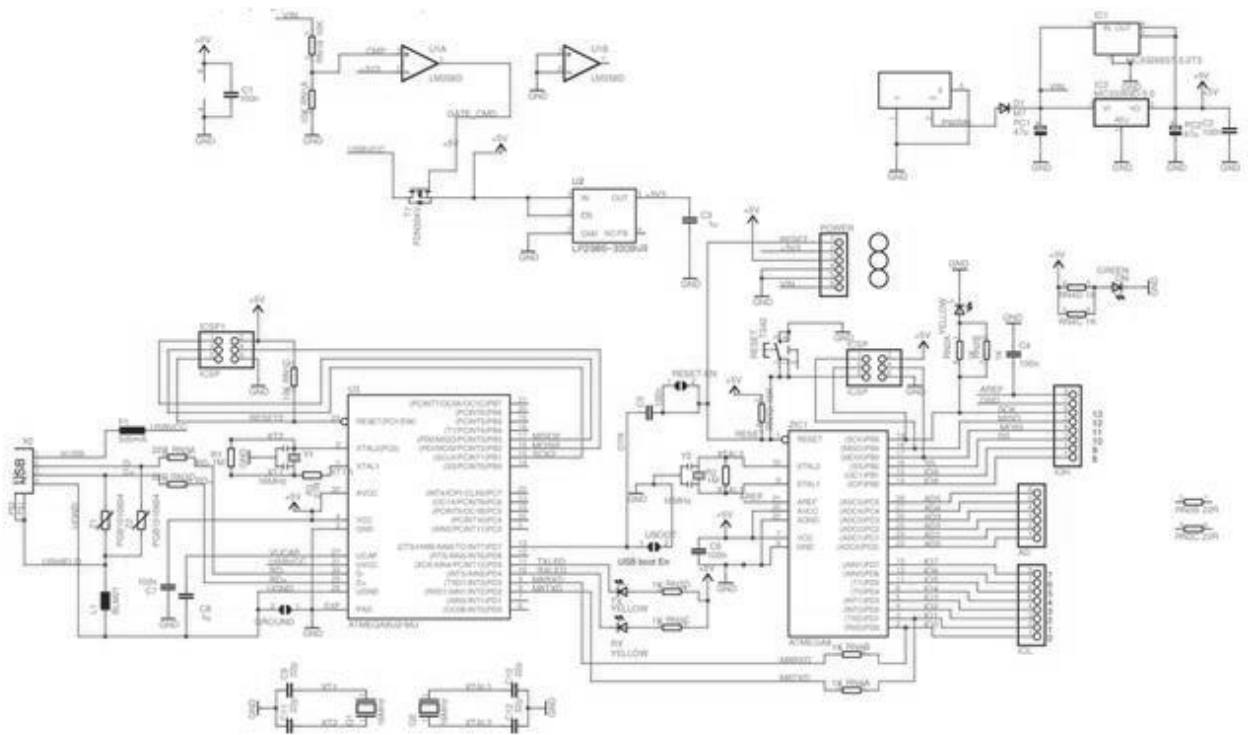


Рисунок 4.15 – Стандартна схема схему Arduino Uno R3

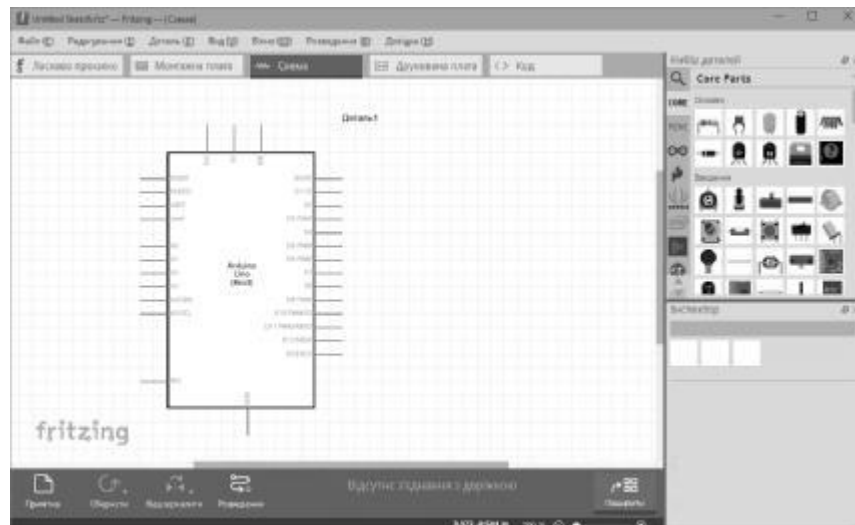


Рисунок 4.16 - Середовище Fritzing

З допомогою Fritzing можна використати розроблений прототип ультразвукової мікроконтролерної системи для розроблення електрично-принципової схеми. Середовище Fritzing для розроблення схем дозволяє швидко та правильно організувати розведення всіх контактів використовуваних

датчиків до платформи Arduino, підведення до них живлення та заземлення.

Для застосування ультразвукового сенсора його потрібно помістити безпосередньо в середовище, де будуть проводитися вимірювання, в даному випадку це молоко. Платформи Arduino не передбачає використання ультразвукового сенсора HC-SR04 в рідинах. Тому застосовувати ультразвуковий сенсор HC-SR04 можливо тільки на етапі прототипування та відлагодження програмного коду для прошивки мікроконтролера ATmega328P.

Для використання прототипу безпосередньо в молоці потрібно використати ультразвукові сенсори які захищені від потрапляння вологи. Для цього вибрано ультразвуковий сенсор від компанії Pepperl Fuchs модель UDC-18GMA-400-3E3 (рис. 4.17) з ступенем захисту оболонки IP67 – захист від пилюки і бруду, а також з можливістю витримати занурення у воду на глибину 1 метр, тривалістю 30 хв [5].



Рисунок 4.17 – Ультразвуковий сенсор Pepperl Fuchs UDC-18GMA-400-3E3

В таблиці 4.5 наведено технічні дані ультразвукового сенсора від компанії Pepperl Fuchs UDC-18GMA-400-3E3.

Ультразвуковий сенсор UDC-18GMA-400-3E3 від Pepperl Fuchs відповідно до характеристик відповідає вимогам розроблювального пристрою на мікроконтролері ATmega328P при умові забезпечення не від платформи Arduino від безпосередньо джерела живлення. Також сенсор UDC-18GMA-400-3E3 дозволяє розвантажити мікронотролер на обчислювальній платформі

Arduino UNO зменшивши на 2 шт. кількість зайнятих пінів, що дозволить модернізувати і доповнити розроблений пристрій.

Таблиця 4.5 – Характеристики UDC-18GMA-400-3E3

Параметри	Значення
Дальність	20 ... 60 мм
Оптимальна дальність	45 мм
Частота	395 кГц
Робоча напруга	18 ... 30 В
Струм живлення	IO <80 мА
Тимчасова затримка доступності	tv <500 мс
Тривалість імпульсу	≥ 100 мс
Робочі температури	0 ... 60 °С (32 ... 140 °F)
Ступінь захисту	IP67
Маса	150 г
Відповідність стандартам	EN 60947-5-7: 2003 IEC 60947-5-7: 2003

На рисунку 4.18 зображено схему підключення сенсора UDC-18GMA-400-3E3 та його умовне графічне позначення [5].

На даному етапі розробки ультразвукового пристрою для вимірювання температури та жирності молока у відповідності до структурної схеми та обраних елементів можна виділити складові елементи розроблювального пристрою:

- апаратно-програмної обчислювальної платформи Arduino UNO R3 на мікроконтролері ATmega328P;

- ультразвукового сенсора UDC-18GMA-400-3E3 від компанії Pepperl Fuchs. На етапі тестування і від лагодження прошивки використовуватиметься плата розширення від платформи Arduino ультразвуковий сенсор HC-SR04;

- сенсор температури - плата розширення від платформи Arduino DS18B20;

- результати вимірювання будуть відображені з допомогою дисплею LCD 16x2, який являє собою плату розширення від платформи Arduino і може відображати по 16 символів в кожному з 2 рядків.

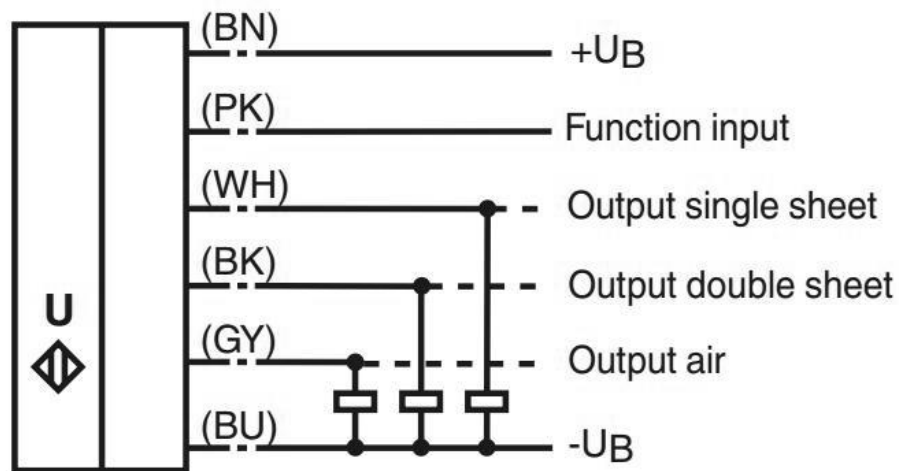


Рисунок 4.18 – Схема підключення UDC-18GMA-400-3E3

Наступним етапом розробки вимірювального пристрою є розробка програмного коду – прошивки мікроконтролера для керування всіма елементами пристрою та відображення результатів вимірювання на дисплей.

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Програмне забезпечення мікроконтролера

Arduino програмується на мові Wiring коди якого перетворюються з мінімальними змінами в програму мовою C/C++, і потім компілюються компілятором AVR-GCC. Так що, фактично, використовується спеціалізований для мікроконтролерів AVR варіант C/C++.

Середовище розробки, і набір базових бібліотек, спрощують доступ до периферії мікроконтролера.

Wiring платформа прототипування з відкритим вихідним кодом що складається з мови програмування, інтегрованого середовища розробки (IDE), і одноплатного мікроконтролера. Вона була розроблена в 2003 році, починаючи з Ернандо Барраган.

Wiring IDE є крос-платформний додаток написаний на мові Java, який є похідним від IDE зроблений для мови програмування Processing. Він призначений для програмування скетчів. Вона включає в себе редактор коду з такими функціями, як підсвічування синтаксису, підсвічування дужок і автоматичний відступ. Редактор здатний компілювати та завантажувати програми в плати одним клацанням миші [20].

Наприклад, на мові Wiring установка швидкості послідовного порту 9600 біт в секунду, задається всього одним рядком: `Serial.begin (9600);`

У будь-якому тестовому скрипті можна побачити дві необхідні функції: `setup ()` і `loop ()`.

Функція `setup ()` запускається один раз, після кожного включення живлення або скидання плати Arduino. Вона використовується для ініціалізації змінних, установки режиму роботи цифрових портів.

Функція `loop ()` в нескінченному циклі виконує команди, які описані в її

тілі. Розгляньте простий приклад:

```
void setup() // початкові установки
{
    pinMode(13,OUTPUT); // Установка 13 порту на виведення
даних
}
void loop() // тіло програми
{
    digitalWrite(13,HIGH); // Установка тринадцятого порту в
HIGH
    delay (1000); // Затримка 1 сек.
    digitalWrite(13,LOW); // Установка тринадцятого порту в LOW
    delay (1000); // Затримка 1 сек.
}
```

Константи - зумовлені значення, їх оголошення (а також базових макросів і функцій) можна побачити у файлі `\hardware\cores\arduino\wiring.h`

Рівні сигналів порту HIGH і LOW

```
#define HIGH 0x1 // 5V out, > 3V in "1"
#define LOW 0x0 // 0V out, <2V in "0"
```

Таким чином, обидва наступних виклику будуть еквівалентні:

```
digitalWrite (13, HIGH); // Можна так,
digitalWrite (13, 1); // А можна і так
```

Встановлення цифрових портів на введення (INPUT) і висновок (OUTPUT) сигналів:

```
#define INPUT 0x0
#define OUTPUT 0x1
```

Порти підтримують позитивний чи негативний напрямок струму до 40 мА

Порти, сконфігуровані як виходи, можуть бути пошкоджені, якщо їх замкнути накоротко на «землю» (загальна шина живлення), на джерело живлення +5 В, або під'єднати до потужного навантаження з малим опором.

Функції Arduino для цифрового вводу-виводу оголошені у файлі `\hardware\cores\arduino\wiring.h`, а реалізовані в `\hardware\cores\arduino\wiring_digital.c`.

```
void pinMode (uint8_t, uint8_t);
```

Ініціалізація порту `pinMode` (порт, режим), де порт - значення цілого типу від 0 до 13; режим - або `INPUT` (введення) або `OUTPUT` (виведення) [7].

Аналогові входи можуть використовуватися, як цифрові входи/виходи, при зверненні до них за номерами з 14 по 19 (аналоговий вхід 0...5)

```
void digitalWrite (uint8_t, uint8_t);
```

Встановлення значення порту `digitalWrite` (порт, значення), де порт: номер порту; значення: `HIGH` або `LOW`.

Зчитування значення з порту `analogRead` (порт) - зчитує значення з зазначеного аналогового порту. Arduino містить 6 каналів АЦП по 10 біт кожен. Вхідною напругою від 0 - 5В відповідає поверненому числу АЦП типу `int` від 0 до 1023. Потрібно приблизно 0.1 мс, щоб зчитати (отримати) значення аналогового входу.

Аналогові порти по замовчанню встановлені на введення сигналу і на відміну від цифрових портів їх не потрібно конфігурувати за допомогою виклику функції `pinMode`.

Функціонал Arduino може бути розширений за рахунок використання бібліотек. Бібліотеки Arduino надають додаткову функціональність для використання в скетчах при роботі з обладнанням або маніпулюванням даними. Ряд основних бібліотек встановлюється разом із середовищем Arduino IDE.

Для роботи з LCD дисплеєм використано бібліотеку `LiquidCrystal`. Ця бібліотека дозволяє Arduino відображати текст на РК-дисплеї на основі Hitachi HD44780 (або сумісного) чіпсета, який можна знайти на більшості текстових дисплеїв. Бібліотека працює з в будь-якому 4- або 8-бітному режимі (тобто з використанням 4 або 8 рядків даних в додаток до RS, включіть, і, можливо, контрольні RW лінії) [20].

Контрастність LCD залежить від величини напруги, яка подається на вхід управління. Чим більше напруга, тим менше контрастність і навпаки. Напруга має бути близько 0.5-1 В, але ще залежить від навколишньої температури. У нашому прикладі значення PWM встановлено на 50, що забезпечує рівень вихідної напруги близько 1 В. Відповідно ви можете збільшувати або

зменшувати дане значення для отримання необхідного рівня контрастності.

Використовуючи один з виходом PWM з конденсатором, ми будемо управляти контрастністю з програми, де «жорстко» буде прописано значення. Вихід 7 Arduino, який використовується як PWM, з'єднаний до піном управління контрастністю V_o LCD. Конденсатор 100 мкФ, з'єднаний між виходом PWM і загальним.

Для відображення передбачений стандартний алфавітно-цифоровий набір символів. Для створення символу градуса Цельсія визначаємо потрібні комірки символу, який на дисплеї має розмірність 5*7 самостійно [7].

```
byte degree[8] = {  
    B00110,  
    B01001,  
    B01001,  
    B00110,  
    B00000,  
    B00000,  
    B00000,  
};
```

В результаті отримуємо таке зображення на дисплеї зображене на рисунку 5.1.

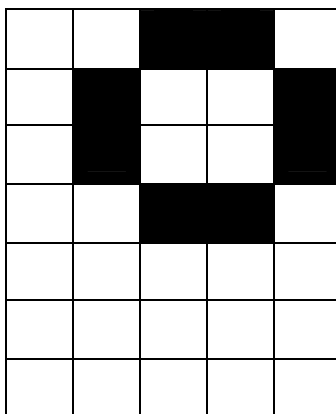


Рисунок 5.1 – Результат створення додаткового символу

Для визначення температури достатньо зняти показники з піна до якого і підключений сенсор температури. Для сенсора температури використано дев'ятий пін:

```

int tempPin = 9;
.....
int temp = digitalRead(tempPin);

```

Для використання ультразвукового сенсора визначимо для нього піни.

```

#define Trig1 11
#define Echo1 10

```

Після чого можна знімати значення як і з сенсора температури.

```

digitalWrite(Trig1, HIGH); /* Подаєм імпульс
delayMicroseconds(10); // тримальсть імпульсу 10 мс
digitalWrite(Trig1, LOW); // Відключаєм імпульс
impulseTime1=pulseIn(Echo2, HIGH);//знімаєм показники

```

Для обрахунку всіх отриманих показників використаємо формули 2.5,

2.6 та 2.8.

```

int e=0;
int x=0;
x=pf/pw-1;
e=pw/pf*(vw/vf)-1;
float fat= (1-(impulseTime-k*s/vw)/0,5*(x+e));

```

Результати обрахунку виводяться на дисплей.

```

lcd.print("Temperature ");
lcd.createChar(0,degree);
lcd.setCursor (0,1);
lcd.print ("Fattinnes ");
lcd.setCursor (12,0); // Переставляєм курсор
lcd.print(temp); //Виводимо температуру
lcd.write('0'); //Виводимо знак градуса
lcd.print('C'); //Виводимо знак Цельсій
lcd.setCursor (10,1); // Переставляєм курсор
lcd.print(fat); // Виводимо жирність
lcd.print("%");

```

В результаті отримуємо визначену температуру та обрахований показник жирності відображені на дисплеї (рисунок 5.2)



Рисунок 5.2 – Результат обрахунку

Відповідно до програмного коду оновлення результатів вимірювання прямо залежить від довжини ультразвукового імпульсу, що випромінюється давачем. Оптимальною є довжина імпульсу в одну секунду, що в сумі з часом обрахунку в мікроконтролері в долі секунди, дозволяє отримувати результати вимірювання щонайбільше кожних 1,5 секунди.

5.2 Розрахунок показників надійності програмної системи

Питанням підвищення надійності систем приділяється особлива увага. Проблема забезпечення надійності надзвичайно широка і охоплює всі стадії розробки і конструювання електронних приладів, оскільки вибір структури схем і засобів підвищення їх надійності по суті є єдиним процесом.

Більшість відмов електронних пристроїв мають випадковий характер і обумовлені різними факторами: вологість, температура навколишнього середовища, вібрація, радіоактивне випромінювання, недосконалість технологічних процесів, неоднорідність матеріалів, тощо. Оскільки заздалегідь передбачити появу і ступінь впливу вказаних факторів на процес нормального функціонування можливо тільки з певною вірогідністю, в теорії надійності застосовують математичний апарат теорії ймовірностей. Даний апарат дозволяє розраховувати кількісні характеристики випадкових подій. Кількісною характеристикою випадковості події є її ймовірність. Стосовно

до надійності пристроїв розглядають її основний кількісний критерій – ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$ протягом заданого інтервалу часу t [11].

Задачею розрахунку надійності мікроконтролерної системи є визначення показників, які характеризують їх безвідмовність та ремонтпридатність, оскільки показники ремонтпридатності характеризують можливість відновлення і час, за який можливе повне відновлення об'єкту. В загальному випадку розрахунок повинен складатися з наступних етапів:

- визначення критеріїв і видів відмов обладнання та складу показників надійності, що розраховуються;
- побудова структурної (логічної) схеми, яка базується на аналізі функціонування системи, врахуванні резервування, відновлення, контролю роботоздатності елементів;
- вибір методу розрахунку надійності з врахуванням прийнятих моделей опису процесів функціонування та відновлення;
- отримання в загальному вигляді математичної моделі, яка зв'язує показники надійності з характеристиками надійності елементів;
- підбір даних за показниками надійності;
- виконання розрахунку і аналіз отриманих результатів.

Склад перелічених етапів в значній мірі залежить від вибраних критеріїв відказів та показників надійності, що розраховуються.

Так, при розробці технічних засобів повинні бути визначені такі показники надійності як середнє напрацювання на відмову та ймовірність безвідмовної роботи протягом встановленого часу. При розробці системи управління в цілому необхідно визначити коефіцієнт готовності чи простою системи. Для багатофункціональних систем достатньо проаналізувати надійність основних функцій. Необхідні дані для розрахунку показників надійності елементів слід вибирати за паспортними даними або з довідників [11].

Розрахунок надійності будемо проводити для основних електричних вузлів розробленої мікроконтролерної системи, оскільки вони є детально спроектовані.

Ймовірність безвідмовної роботи є функцією часу t , і в загальному випадку її визначення для будь-якого часового інтервалу створює значні труднощі. Однак для складних пристроїв, яка вміщує велику кількість різних елементів, часто виявляється достатнім знати величину середнього напрацювання на відмову T_0 , яка визначається як середнє значення випадкових величин інтервалів часу t_i між сусідніми відмовами, год.:

$$T_0 = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n}. \quad (5.12)$$

При можливості застосування цього критерію надійності часто користуються зворотною величиною :

$$I = \frac{1}{T_0}. \quad (5.13)$$

Вона називається інтенсивністю відмови і характеризує середню кількість відмов в одиницю часу.

Для мікроконтролерної системи, що розробляється, основними видами відмов слід вважати ті, які найбільш характерні для цифрових схем :

- відмови типу “не спрацювання” при надходженні одного з керуючих сигналів;
- відмови типу “хибне спрацювання” при відсутності активних рівнів керуючих сигналів.

Інтенсивності відмов елементів в нормальних умовах їх функціонування визначаються за спеціальними таблицями I – характеристик (див. табл. 5.1).

При розрахунку надійності пристрою в цілому, найчастіше розглядають випадок, коли окремі елементи, ланки і каскади структурної

(логічної) схеми для виконання своїх функцій включаються послідовно з частковим коректуванням шляхів передачі сигналів.

В даному випадку структурна схема, яка базується на аналізі функціонування мікроконтролерної системи, не містить резервних елементів, оскільки це значно ускладнило систему.

Тому, якщо припустити статистичну незалежність і випадковість відмов елементів, від яких залежить роботоздатність вузлів пристрою, то загальна ймовірність безвідмовної роботи визначається із виразу :

$$P_{заг}(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t). \quad (5.14)$$

Відповідно,

$$I_{заг} = \prod_{i=1}^n I_i, \quad (5.15)$$

де P_i – ймовірність безвідмовної роботи окремих елементів, ланок, каскадів;

I – інтенсивність їх відмови.

Врахувати вплив різних факторів на надійність плат розширення Arduino, таких як електричний режим, навколишня температура, вологість, механічні навантаження, тощо, можна з більшим або меншим ступенем точності. Наближений, але найсприятливіший для практичного застосування метод полягає в застосуванні поправочних коефіцієнтів :

$$I_i = I_{ном} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \dots \cdot k_m, \quad (5.16)$$

де $I_{ном}$ – номінальне (паспортне) значення I для нормальних (номінальних) умов роботи ;

k_i – поправочні коефіцієнти на m -тий дестабілізуючий фактор (див. табл. 5.1).

В таблиці 5.1 використано наступні коефіцієнти :

- k_T – температурний поправочний коефіцієнт (T – від $+20$ до $+70^\circ \text{C}$);
- k_d і $k_{\text{вол}}$ – поправочні коефіцієнти умов експлуатації, відповідно, на вібрацію і вологість (для приміщення з нормальними умовами);
- k_n – поправочний коефіцієнт навантаження (номінальне навантаження);
- $k_{\text{рез}}$ – поправочний коефіцієнт інтенсивності відмови резервних елементів;
- $k_{\text{я}}$, k_o – поправочний коефіцієнт, відповідно, на якість виготовлення і кваліфікацію обслуговування (середнє) [11].

Розрахунок очікуваної надійності мікроконтролерної системи ведеться за наступною методикою:

- складається структурна (логічна) схема пристрою і визначаються елементи, відмова яких призводить до відмови усього пристрою;

- складається таблиця умов і режимів роботи елементів і визначається їх результуюча інтенсивність відмови;

- за даними таблиці 5.1 визначається сумарна інтенсивність I_S відмови пристрою.

За отриманим з таблиці 5.1 значенням I_S сумарної інтенсивності відмови системи, обчислюємо середнє напрацювання на відмову T_0 , застосовуючи формулу (5.13) :

$$T_0 = \frac{1}{I_S} = \frac{1}{21.071} \times 10^6 = 47458 \text{ год.}$$

Далі наведено формулу для заданого часу безвідмовної роботи при вказаній ймовірності безвідмовності (звичайно 0,95) і визначено час безвідмовної роботи, год.:

$$t_{\text{зад}} = \frac{0,051}{I_S} . \tag{5.17}$$

Таблиця 5.1 – Значення інтенсивності відмов елементів і пристрою

Найменування і тип елементу	Кількість елементів, шт	Номін. інтенс. відмови $\times 10^{-6}$, 1/год	Поправочні коефіцієнти							Інтенс. відмови ел-тів, 1×10^{-6} , 1/год
			k_T	k_D	k_{VOL}	k_H	$k_{рез}$	$k_я$	$k_о$	
Аналогова МС	3	0.008	1.5	1	1.5	1	1	2	1	0.108
Цифрова МС	11	0.07	1.5	1	1.5	1	1	2	1	3.465
Транзистор	8	0.27	1.5	1	1.5	1	1	2	1	9.72
Діод	8	0.021	1.5	1	1.5	1	1	2	1	0.756
Конденсатор керамічний	9	0.005	1.5	1	1.5	1	1	2	1	0.02
Конденсатор Електролітичний	2	0.003	1.5	1	1.5	1	1	2	1	0.027
Резистор постійний	31	0.05	1.5	1	1.5	1	1	2	1	6.975
Загальна інтенсивність відмови пристрою $I_S \times 10^{-6}$, 1/год										21.071

Отже, згідно даних таблиці 3.1, та за формулою (5.17),

$$t_{зад} = \frac{0,051}{21.071} \times 10^6 = 2420 \text{ год.}$$

Якість системи визначається можливістю і швидкістю її ремонту. В цьому випадку ймовірність безвідмовної роботи в інтервалі заданого часу визначається за формулою:

$$P(t) = \frac{1}{T_p + \frac{1}{I_S}} \times e^{-t \times I_S}, \quad (5.18)$$

де T_p – середній час ремонту елементів системи.

Приймаючи $T_p = 24$ год і підставивши у формулу (5.18), отримують часову залежність ймовірності безвідмовної роботи пристрою (рисунок 5.3).

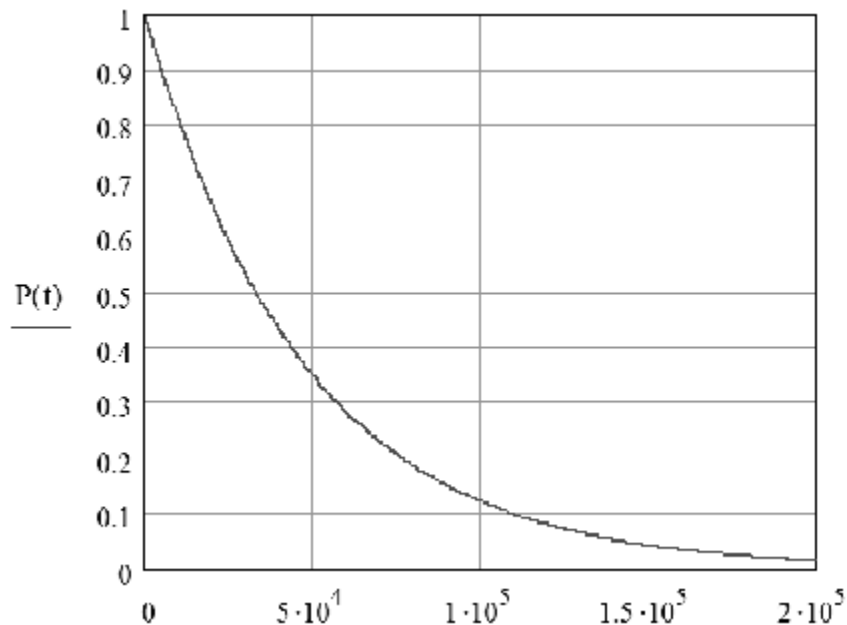


Рисунок 5.3 – Ймовірність безвідмовної роботи пристрою

Для визначення ймовірності виникнення відмов маємо:

$$Q(t) = 1 - P(t). \quad (5.19)$$

Підставивши значення, обчислені за формулою (5.18) у формулу (5.19), отримаємо графік ймовірності виникнення відмов за час t , який наведено далі (рисунок 5.4).

Обчислені для вузлів пристрою показники надійності задовольняють вимогам до відповідних показників усієї системи, що проектується. Тому можна стверджувати, що, з точки зору теорії надійності і технічної діагностики, дані вузли відповідають своєму функціональному призначенню.

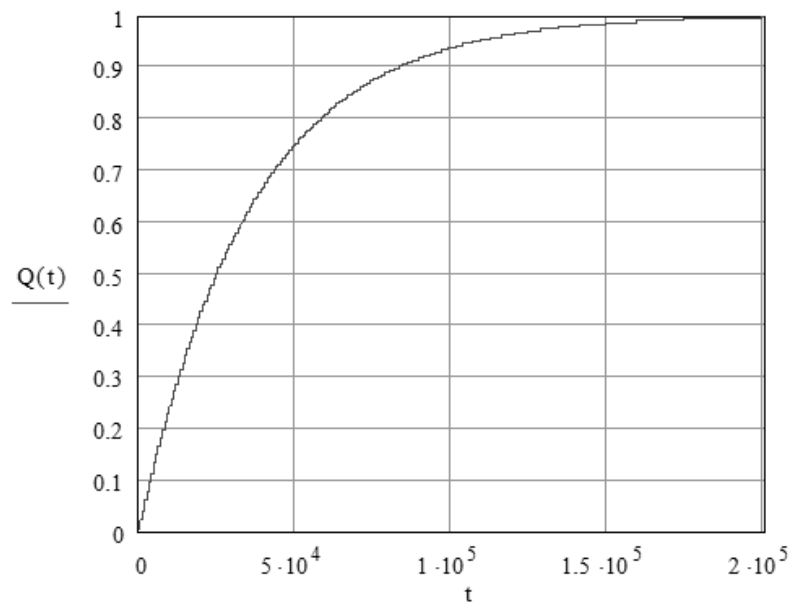


Рисунок 5.4 – Ймовірність відмови пристрою

6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1 Розрахунок витрат на розробку підсистеми

Витрати на розробку і впровадження підсистеми (K) включають:

$$K = K_1 + K_2, \quad (6.1)$$

де K_1 - витрати на розробку програмних засобів, грн.

K_2 - витрати на відлагодження і дослідну експлуатацію програми рішення задачі на комп'ютері, грн.

Витрати на розробку програмних засобів включають:

- витрати на оплату праці розробників ($B_{оп}$);
- витрати на відрахування у спеціальні державні фонди ($B\phi$);
- витрати на покупні вироби ($Пв$);
- витрати на придбання спецобладнання ($Об$);
- накладні витрати (H);
- інші витрати ($Iв$).

6.1.1 Розрахунок витрат на оплату праці

У розробці проектного рішення задіяні наступні спеціалісти - розробники, а саме: керівник проекту; консультант з захисту інформації; розробник. Витрати на оплату праці розробників проекту визначаються за формулою:

$$B_{оп} = \underset{i=1}{\overset{N}{\mathbf{a}}} \underset{j=1}{\overset{M}{\mathbf{a}}} n_{ij} \times t_{ij} \times C_{ij}, \quad (6.2)$$

де n_{ij} – чисельність розробників i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, осіб; t_{ij} – затрачений час на розробку проекту співробітником i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, год; C_{ij} – годинна ставка працівника i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, грн.

Таблиця 6.1 - Вихідні дані для розрахунку витрат на оплату праці

№ п/п	Посада виконавців	Місячний оклад, грн.
1	Керівник	4916
2	Консультант	6026
3	Розробник	1100

Середньо годинна ставка працівника може бути розрахована за формулою:

$$C_{ij} = \frac{C_{ij}^0(1+h)}{PЧ_i}, \quad (6.3)$$

де C_{ij} – основна місячна заробітна плата розробника i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, грн.; h – коефіцієнт, що визначає розмір додаткової заробітної плати (при умові наявності доплат); $PЧ_i$ - місячний фонд робочого часу працівника i -ої спеціальності j -го тарифного розряду, год. (приймаємо 176 год.).

6.1.3 Відрахування на соціальні заходи

Величну відрахувань у спеціальні державні фонди визначають у відсотковому співвідношенні від суми основної та додаткової заробітних плат.

Згідно діючого нормативного законодавства сума відрахувань у спеціальні державні фонди складає 16,4% від суми заробітної плати:

$$B_{\phi} = \frac{16,4}{100} \times 232 = 197,12 \text{ грн.}$$

Таблиця 6.2 - Розрахунок витрат на оплату праці

№ п/ п	Виконавець	Трудомісткість розробки КС, <i>год</i>	Годинна ставка, <i>грн/год.</i>	Сума, <i>грн</i>
1	Керівник	16	72,28	1156,48
2	Консультант	2	88,60	177,20
3	Розробник	144	6,55	943,20
Загальні витрати				2276,88

6.1.4 Розрахунок витрат на матеріали та комплектуючі

У таблиці 6.3 наведений перелік купованих виробів і розраховані витрати на них.

Таблиця 6.3 – Розрахунок витрат на матеріали та комплектуючі

№ п/п	Найменуван- ня купованих виробів	Одини- ця виміру	Ці на, <i>грн</i>	Кількість купова- них виробів	Сум а, <i>грн</i>	Транспор- тні витрати	Загаль- на сума, <i>грн</i>
1	Реле	<i>шт</i>	45, 0	1	45,0	35,0	128,0
2	Папір А4	<i>шт</i>	0,1	50	5,0	0	5,0
3	Мікропроце- сор	<i>шт</i>	56, 0	1	56,0	0	689,0
4	Провідники	<i>уп</i>	8	1	8,0	0	8,0
Разом							820,0

6.1.5 Витрати на використання комп'ютерної техніки

Витрати на використання комп'ютерної техніки включають витрати на амортизацію комп'ютерної техніки, витрати на користування програмним забезпеченням, витрати на електроенергію, що споживається комп'ютером. Для комп'ютера типу Dell Inspiron 7720 вартість години роботи становить 0,13 грн. Середній щоденний час роботи на комп'ютері – 2 години. Розрахунок витрат на використання комп'ютерної техніки приведений в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4- Розрахунок витрат на використання комп'ютерної техніки

№ п/п	Назва етапів робіт, при виконанні яких використовується комп'ютер	Час використання комп'ютера, год.	Витрати на використання комп'ютера, грн.
1	Проведення досліджень та оформлення їх результатів	50	6,5
2	Оформлення технічної документації	5	0,65
3	Оформлення пояснювальної записки	10	1,30
Разом		65	8,50

6.1.6 Накладні витрати

Накладні витрати проектних організацій включають три групи видатків: витрати на управління, загальногосподарські витрати, невиробничі витрати. Вони розраховуються за встановленими відсотками до витрат на оплату праці. Середньостатистичний відсоток накладних витрат приймемо 150% від заробітної плати:

$$H = 1,5 \cdot 1232 = 1848 \text{ грн.}$$

6.1.7 Інші витрати

Інші витрати є витратами, які не враховані в попередніх статтях. Вони становлять 10% від заробітної плати:

$$I = 1232 \times 0,1 = 123,2 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку програмного забезпечення складають:

$$K_1 = B_{OP} + B_{\Phi} + B_{ПВ} + H + I, \quad (6.4)$$

$$K_1 = 1547,26 + 253,75 + 157,50 + 2320,89 + 154,73 = 4434,13 \text{ грн.}$$

Витрати на відлагодження і дослідну експлуатацію програмного продукту визначаємо за формулою:

$$K_2 = S_{м.г.} \times t_{від}, \quad (6.5)$$

де $S_{м.г.}$ - вартість однієї машино-години роботи ПК, *грн./год*.

$t_{від}$ - комп'ютерний час, витрачений на відлагодження і дослідну експлуатацію створеного програмного продукту, *год*.

Загальна кількість днів роботи на комп'ютері дорівнює 30 днів. Середній щоденний час роботи на комп'ютері – 2 години. Вартість години роботи комп'ютера дорівнює 1,25 грн. Тому:

$$K_2 = 1,25 \cdot 60 = 75 \text{ грн.}$$

На основі отриманих даних складаємо кошторис витрат на розробку програмного забезпечення.

Таблиця 6.6- Кошторис витрат на розробку програмного забезпечення

№ п/п	Найменування витрат	Сума витрат, грн.
1	Витрати на оплату праці	2261,1
2	Відрахування у спеціальні державні фонди	197,12
3	Витрати на куповані вироби	820,0
4	Накладні витрати	1848,0
5	Інші витрати	123,2
6	Витрати на відлагодження і дослідну експлуатацію програмного продукту	75,0
	Разом	5324,42

6.2 Визначення експлуатаційних витрат

Для оцінки економічної ефективності розроблюваного програмного продукту слід порівняти його з аналогом, тобто існуючим програмним забезпеченням ідентичного функціонального призначення.

Експлуатаційні одноразові витрати по даному проекту і аналогу включають вартість підготовки даних і вартість роботи комп'ютера (за час дії програми):

$$E_p = E_{1p} + E_{2p} \quad , \quad (6.6)$$

де E_p - одноразові експлуатаційні витрати на систему (аналог), грн.;

$E_{1п}$ - вартість підготовки даних для експлуатації системи (аналогу), грн.;

$E_{2п}$ - вартість роботи комп'ютера для виконання проектного рішення (аналогу), грн.

Річні експлуатаційні витрати V_{en} визначаються за формулою:

$$B_{EP} = E_P * N_P, \quad (6.7)$$

де N_P - періодичність експлуатації ПЗ (аналогу), раз/рік.

Вартість підготовки даних для роботи на комп'ютері визначається за формулою:

$$E_{1P} = \sum_{i=1}^n n_i t_i c_i, \quad (6.8)$$

де i - категорії працівників, які приймають участь у підготовці даних ($i=1,2,\dots,n$);

n_i - кількість працівників i -ої категорії, осіб.;

t_i - трудомісткість роботи співробітників i -ої категорії по підготовці даних, год.;

c_i - середнього годинна ставка працівника i -ої категорії з врахуванням додаткової заробітної плати, що знаходиться із співвідношення:

$$c_i = \frac{c_i^0 (1+b)}{m}, \quad (6.9)$$

де c_i^0 - основна місячна заробітна плата працівника i -ої категорії, грн.;

b - коефіцієнт, який враховує додаткову заробітну плату (прийmemo 0,57;

m - кількість робочих годин у місяці, год.

Для роботи з даними як для проектного рішення так і аналогу потрібен один працівник, яким на момент тестування являється розробник даної підсистеми, основна місячна заробітна плата якого складає: $c^0 = 1232,00$ грн.
Тоді:

$$c_1 = \frac{1232(1+0,57)}{176} = 10,99 \text{ грн/год.}$$

Таблиця 6.7 - Розрахунок витрат на підготовку даних та реалізацію проектного рішення на комп'ютері

№ п/п	Вид розробки	Час роботи співробіт	Середньогодин на заробітна плата,	Витрати , грн.
1	Проектне	1	10,99	10,99
2	Аналог	1,5	10,99	16,49

Витрати на експлуатацію комп'ютера визначається за формулою:

$$E_{2P} = t * S_{MG} \quad , \quad (6.10)$$

де t - витрати машинного часу для реалізації проектного рішення (аналогу), год.;

S_{MG} - вартість однієї години роботи комп'ютера, грн./год.

$$E_{2п} = 1 \cdot 1,25 = 1,25 \text{ грн.};$$

$$E_{2а} = 1,5 \cdot 1,25 = 1,875 \text{ грн.};$$

$$E_{п} = 10,99 + 1,25 = 12,24 \text{ грн.}; \quad E_{а} = 16,49 + 1,875 = 18,365 \text{ грн.}$$

$$V_{еп} = 12,24 * 250 = 3060,0 \text{ грн.}; \quad V_{еа} = 16,49 * 250 = 4122,5 \text{ грн.}$$

6.3 Розрахунок ціни споживання проектного рішення

Ціна споживання - це витрати на придбання і експлуатацію проектного рішення за весь строк його служби:

$$Ц_{C(П)} = Ц_{П} + B_{(E)NPV} \quad , \quad (6.11)$$

де $Ц_{П}$ - ціна придбання проектного рішення, грн.:

$$Ц_{П} = K(1 + \frac{П_p}{100}) + K_0 + K_k \quad , \quad (6.12)$$

де K - кошторисна вартість;

$П_p$ - рентабельність;

K_0 - витрати на прив'язку та освоєння проектного рішення на конкретному об'єкті, грн.;

K_k - витрати на доукомплектування технічних засобів на об'єкті, грн.

$$Ц_{П} = 5324,42 \cdot (1 + 0,3) = 6921,3 \text{ грн.}$$

Вартість витрат на експлуатацію проектного рішення (за весь час його експлуатації), грн.:

$$B_{енрв} = \mathop{\mathbf{a}}_{t=0}^T \frac{B_{eP}}{(1 + R)^t} \quad , \quad (6.13)$$

де B_{eP} - річні експлуатаційні витрати, грн.;

T - строк служби проектного рішення, років;

R - річна ставка проценту банку.

$$B_{енрв} = \mathop{\mathbf{a}}_{t=1}^5 \frac{3060,0}{(1 + 0,09)^t} = 13759,4 \text{ грн.}$$

$$B_{енрв} = \mathop{\mathbf{a}}_{t=1}^5 \frac{5325,00}{(1 + 0,08)^t} = 21261,18 \text{ грн.}$$

Тоді ціна споживання проектного рішення дорівнюватиме:

$$Ц_{сп} = 6921,3 + 13759,4 = 20680,6 \text{ грн.}$$

Аналогічно визначається ціна споживання для аналогу:

$$Ц_{са} = 8000,0 + 23198,1 = 31138,1 \text{ грн.}$$

6.4 Визначення показників економічної ефективності

Економічний ефект в сфері проектування рішення:

$$E_{пп} = Ц_{п} - Ц_{а} \quad , \quad (6.14)$$

$$E_{пп} = 6921,45 - 8000,0 = 1079,45 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект в сфері експлуатації:

$$E_{кк} = B_{еа} - B_{еп} \quad , \quad (6.15)$$

$$E_{кк} = 4122,1 - 3060,0 = 1062,1 \text{ грн.}$$

Додатковий економічний ефект у сфері експлуатації:

$$DE_{екк} = \overset{\overset{T}{\circ}}{\underset{\underset{t=1}{\circ}}{\mathbf{a}}} E_{екк} (1 + R)^{T-t} \quad , \quad (6.16)$$

$$DE_{екк} = \overset{\overset{5}{\circ}}{\underset{\underset{t=1}{\circ}}{\mathbf{a}}} 1062,1 (1 + 0,09)^{5-t} = 5861,3 \text{ грн.}$$

Сумарний ефект складає:

$$E = E_{пп} + DE_{екк} = 5861,3 + 1079,45 = 6940,75 \text{ грн.}$$

Враховуючи основні економічні показники з таблиці 6.8, можна зробити висновок, що при економічній ефективності 0,3 та терміні окупності – 3,3 роки проводити роботи по впровадженню даної мережі є доцільним та економічно

вигідним. Як можна побачити із розрахунків, основними є матеріальні витрати. Тому, з метою зниження вартості мережі, варто було б здійснювати закупівлю обладнання у офіційних дилерів вказаних марок обладнання.

Таблиця 6.8 - Показники економічної ефективності проектного рішення

№ п/п	Найменування	Одиниці вимірювання	Значення показників	
			Базовий варіант	Новий варіант
1	Капітальні вкладення	<i>грн.</i>	-	5324,42
2	Ціна придбання	<i>грн.</i>	8000,0	6921,3
3	Річні експлуатаційні витрати	<i>грн.</i>	4122,5	3060,0
4	Ціна споживання	<i>грн.</i>	31138,1	20680,6
5	Економічний ефект в сфері проектування	<i>грн.</i>	-	1079,45
6	Економічний ефект в сфері експлуатації	<i>грн.</i>	-	1062,1
7	Додатковий ефект в сфері експлуатації	<i>грн.</i>	-	5861,3
8	Сумарний ефект	<i>грн.</i>	12599,7	

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів

Охорона праці – це діюча на підставі відповідних законодавчих та інших нормативних актів система соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Для контролю за дотриманням основних положень охорони праці створюються спеціальні служби та призначаються особи для забезпечення контролю та вирішення поставлених проблем. Основним завданням даного дипломного проекту є розробка модуля тестування знань для веб-сайту. Тематика дипломного проекту орієнтована на розробку програмного забезпечення, тож основна робота пов'язана із написанням програмного коду за комп'ютером. Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, затверджено наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 26.03.2010 № 65. Загальна площа приміщення, де працює програміст складає 15 м², висота стелі складає 3 м. Робоче місце програміста обладнане столом площею 1,1 м², а також системним блоком, клавіатурою, принтером, мишкою та іншими периферійними пристроями. Площа робочого місця не повинна бути меншою за 6 м², а об'єм не менший за 20 м³. Площі та об'єму даного приміщення вистачає для розташування двох робочих місць. Небезпечними для програміста під час роботи можуть бути такі чинники, як неоптимальна температура повітря, високий рівень електромагнітного випромінювання, розумове перенавантаження, недостатня освітленість робочого місця [15].

До основних параметрів за якими визначають мікроклімат у приміщенні відносять такі: температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху

повітря. Виміряні за допомогою приладів (психрометр Августа) дані наступні: температура повітря – 22°C, відносна вологість – 50%. Отримані результати дослідження відповідають нормам, наведених у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Параметри мікроклімату у робочій зоні

Тип	Температура, С	Відносна вологість повітря, %	Шкідливість руху повітря, м/с
Внутрішнє приміщення	22 – 25	45 – 60	0,1

Розташовані у приміщенні ПК являються джерелами тепловиділень, крім того для підтримання у приміщенні в холодний період року оптимальних параметрів мікроклімату використовуються нагріті поверхні опалювальної системи. Нормованим показником ІЧВ являється гранично допустима густина потоку енергії $I_{г.д}$, Вт/м², яка встановлюється в залежності від площі опромінюваної поверхні тіла людини ($S_{опр}$). Нормовані рівні складають: $I_{г.д} = 35$ Вт/м² при $S_{опр} > 50\%$; $I_{г.д} = 70$ Вт/м² при $S_{опр} \sim 25-50\%$; $I_{г.д} = 100$ Вт/м² при $S_{опр} < 25\%$ [15].

Нормованим параметром природного освітлення згідно ДБН В. 2.5 –28 – 2006 є коефіцієнт природного освітлення (КПО). Робота програмістів належить до IV рівня зорових робіт, де мінімальний розмір об'єкту розрізнення являє собою 0,5-1,0мм. Для даного типу робіт мінімальна освітленість повинна становити від 300 до 500 лк. У результаті вимірювання люксометром Ю-116 рівень освітленості робочої зони складає 310 лк, що відповідає нормам. Штучне освітлення повинно здійснюватись у формі світильників, розміщених збоку від працівника. Для того, щоб визначити кількість світильників у приміщенні, потрібно визначити світловий потік за формулою 7.1.

$$F = \frac{ESKZ}{n}, \quad (7.1)$$

де E – мінімальна освітленість, складає 300 лк;

S – площа приміщення, $S=15\text{м}^2$;

K – коефіцієнт запасу, котрий враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації, $K=1,5$;

n – коефіцієнт використання світлового потоку.

Індекс приміщення обчислюється за формулою 7.2.

$$i = \frac{S}{h(A + B)}, \quad (7.2)$$

де S -площа приміщення, $S=15\text{м}^2$;

h –висота стелі, $h = 3$ м,

A – ширина приміщення, $A= 3\text{м}$,

B – довжина приміщення, $B = 5\text{м}$.

В результаті обчислень отримаємо $i=0,63$. Тоді $n = 0,37$. Підставивши всі значення отримаємо формулу 7.3.

$$F = \frac{300 * 15 * 1.5 * 1.1}{0.37} = 20\ 067\text{Лм} \quad (7.3)$$

Для штучного освітлення використаємо люмінесцентні лампи типу ЛБ-36. Світловий потік даного типу ламп становить $F = 2800$ Лм. У результаті розрахунків знадобиться 7 ламп для забезпечення нормального освітлення у приміщенні [15].

У робочому приміщенні існують шуми аеродинамічного та механічного походження. Окрім ПК рівень шуму збільшують периферійні пристрої, котрі знаходяться в приміщенні. Допустимий рівень шуму на робочому місці програміста

дорівнює 50 дБА. Рівень шуму, що виникає від декількох некогерентних джерел, котрі увімкнені одночасно, підраховується на основі принципу енергетичного підсумовування рівня інтенсивності окремих джерел і визначається за формулою 7.4:

$$L = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1 * L_i} \quad (7.4)$$

де L_i – рівень звукового тиску i -го джерела шуму; n – кількість джерел шуму.

У таблиці 7.2 наведено рівні звукового тиску від різних джерел

Таблиця 7.2 – Рівні звукового тиску від різних джерел.

Джерело шуму	Рівень шуму, дБА
Жорсткий диск	45
Вентилятор	45
Принтер матричний	55

Рівень шуму для даної лабораторії в якій працює програміст наведено у розрахунку (7.5).

$$L = 10 \lg(10^{4,5} + 10^{4,5} + 10^{5,5} + 10^{5,0}) = 44,2 \text{ дБ.} \quad (7.5)$$

7.2 Розробка заходів з охорони праці

7.2.1 Ергономіка та організація робочого місця

В результаті проведення аналізу робочого місця, можна дійти висновку, що воно відповідає встановленим вимогам. Однак, для покращення умов роботи програміста рекомендується врахувати наступні вимоги:

- стіни та підлога повинні бути виготовлені з екологічно чистих матеріалів, дозволених органами державних санітарно–епідеміологічних служб;

- висота робочої поверхні столу екрану монітора має бути в межах 690–810 мм, а ширина – забезпечувати виконання маніпуляцій в області досяжності моторного поля. Розміри столу повинні бути наступні: висота –730 мм, ширина –600–1350 мм, глибина –800–900 мм. Екран монітора має розміщуватись на відстані від 600 мм і більше до очей. Кут нахилу клавіатури повинен бути в межах 10–15 градусів;

- під час використання периферійних пристроїв введення, виведення інформації потрібно забезпечити хорошу видимість екрану монітора та зручність керування пристроями [15].

Робочий стілець програміста повинен бути оснащений підйомно-поворотним механізмом. Висота сидіння повинна регулюватися в межах 400-500 мм. Глибина сидіння повинна складати не менш 380 мм, а ширина - не менш 400 мм. Висота опорної поверхні спинки не менш 300 мм, ширина - не менш 380 мм. Рекомендується робити короткі перерви під час роботи сумарний час яких повинен складати 50 хвилин при 8-ми годинній зміні.

7.2.2 Нормалізація повітря робочої зони

Для підтримання належних мікрокліматичних умов у приміщенні потрібно використовувати водяне опалення у холодну пору року та забезпечити кондиціонування повітря в теплу пору року.

7.2.3 Виробниче освітлення

Під час аналізу освітлення на робочому місті програміста було встановлено, що воно відповідає встановленим нормам, однак, для покращення умов праці рекомендується скласти графік, де передбачити очищення віконних блоків і світильників не менше 2 разів на рік.

7.2.4 Захист від виробничого шуму

Для зниження рівня шуму рекомендується використовувати звукопоглинаючі матеріали, екранувати робочі місця, раціонально планувати приміщення, а також встановити сучасне обладнання із меншим шумовим забрудненням навколишнього середовища.

7.2.5 Електробезпека

Для захисту від електричного ураження струмом рекомендується проводити інструктаж по техніці безпеки для персоналу, а також провести заземлення корпусу ПК та забезпечити діелектричними щитами заземлені конструкції, що знаходяться на робочому місці, наприклад водопровідні труби. Також потрібно забезпечити приєднання металевих корпусів устаткування до жили, що заземлює. Заземлення корпусу ПК забезпечити підведенням жили, що заземлює, до розеток. Опір заземлення 4 Ом, згідно (ПУЕ) для електроустановок з напругою до 1000 В. Для зменшення накопичення статичної електрики застосовувати зволожувачі та спеціальні нейтралізатори, а також нанести на підлогу антистатичне покриття [15].

7.3 Пожежна безпека

Будівля та приміщення, де розміщені комп'ютери, ЕОМ, монітори, периферійні пристрої, повинні відповідати вимогам пожежної безпеки, встановленими Державними будівельними нормами «Пожежна безпека об'єктів будівництва», затвердженими наказом Держбуду України від 03.12.2002 № 88 (ДБН В.1.1.7-2002). У електророзетках і штепсельних з'єднаннях, крім контактів фазового та нульового робочого провідників, повинні знаходитись спеціальні контакти для підключення нульового захисного провідника [15]. По

конструктивних характеристиках будинків можна віднести до будинків з несучими і огорожуючими конструкціями із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону. Для недопущення виникнення пожежі рекомендується:

- періодично проводити огляд електропроводки, розеток, вимикачів;
- дотримуватись правил пожежної безпеки.

7.4 Безпека життєдіяльності

З розвитком науково-технічного прогресу важливу роль грає можливість безпечного виконання людьми своїх трудових обов'язків. У цьому сенсі була створена та розвивається наука про безпеку праці та життєдіяльності людини. Безпека життєдіяльності (БЖД) — це комплекс заходів, вкладених у забезпечення безпеки людини у середовища проживання, збереження здоров'я, розробку методів і засобів захисту за допомогою зниження впливу шкідливих і найнебезпечніших чинників до допустимих значень, вироблення заходів для обмеження шкоди на ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій мирного і війни.

Мету й зміст БЖД: виявлення вивчення чинників довкілля, які впливають для здоров'я людини; - ослаблення дії цих факторів до безпечних меж чи виняток їх якщо може бути; - ліквідація наслідків катастроф і стихійних лих. Коло практичних завдань БЖД передусім обумовлений вибором принципів захисту, із розробкою та раціональним використанням засобів захисту чоловіки й природного довкілля від впливу техногенних джерел постачання та стихійних явищ, і навіть коштів, які забезпечують комфортне стан середовища життєдіяльності. Охорона здоров'я працюючих, забезпечення безпеки умов праці, ліквідація професійних захворювань, і виробничого травматизму становитиме з головних турбот людського суспільства. Звертається увагу до

необхідність широко впровадження прогресивних форм наукової організації праці, відомості до мінімуму ручного, малокваліфікованого праці, створення обстановки, яка виключає професійні захворювання і виробничий травматизм. На робоче місце мають бути передбачені захисти від можливого впливу небезпечних і шкідливих факторів виробництва. Рівні цих факторів нічого не повинні перевищувати граничних значень, обумовлених правовими, технічними і санітарно-технічними нормами. Переважна частина вчених вважають, що і короткочасне, і тривале вплив всіх видів випромінювання від екрана монітора безпечно здоров'ю персоналу, обслуговуючого комп'ютери. Проте вичерпних даних щодо небезпеки впливу випромінювання від моніторів на які працюють із комп'ютерами й не існує дослідження, у цьому напрямі тривають. Максимальний рівень рентгенівського випромінювання робочому місці оператора комп'ютера звичайно перевищує 10мкбэр/ч, а інтенсивність ультрафіолетового і інфрачервоного випромінювань від екрана монітора лежать у межах 10...100мВт/м². Для зниження впливу цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори зі зниженим рівнем випромінювання (MPR-II, TCO-92, TCO-99), встановлювати захисні екрани, і навіть дотримуватися регламентовані режими праці та відпочинку.

7.4.1 Причини виникнення виробничих аварій

Виробничі аварії можуть бути різноманітними. Причинами їх можуть бути: стихійні лиха (землетруси, зсуви, повені, пожежі тощо). а також порушення технології виробництва і правил техніки безпеки.

Найбільш типовими наслідками аварій можуть бути: вибухи, пожежі, затоплення, завали шахт, зараження навколишнього середовища сильнодіючими отруйними речовинами.

Під стихійним лихом розуміють таке явище природи, яке не може бути відвернуте і характеризується порушенням нормальної життєдіяльності значної групи населення, загрози для їх життя, руйнуванням чи затопленням та знищенням матеріальних цінностей.

До них відносяться: повені; потоки; урагани; зсуви; землетруси та інші.

До стихійних лих відносяться також масові лісові пожежі по тим втратам, які вони завдають народному господарству і великій небезпеці для населення, що проживає у районах, охоплених пожежами.

Крупними аваріями на промислових підприємствах вважаються надзвичайні пригоди, які викликають раптову зупинку роботи. створюють небезпеку для життя людей і можуть призвести до руйнування виробничих будівель, ушкодження чи знищення устаткування, сировини і готової продукції, а також до зараження місцевості отруйними речовинами і загазованості атмосфери. Наслідком аварій, а іноді і причиною їх можуть бути вибухи і пожежі.

Такі стихійні явища природи, крупні аварії у промисловості і на транспорті, які спричинили загибель людей, великі руйнування і знищення матеріальних цінностей, відносяться до категорії катастроф.

Крупні виробничі аварії і катастрофи можуть призводити до загибелі людей і завдавати відчутних втрат народному господарству.

Тому забезпечення безаварійної роботи підприємств слід розглядати як важливу державну справу, яка потребує повсякденної уваги керівництва. інженерно-технічних працівників. Аварії можуть трапитися на будь-яких промислових підприємствах і на транспорті, унаслідок безвідповідального відношення до своїх обов'язків усіх посадових осіб. а також робітників і службовців підприємства і недодержання ними правил техніки безпеки.

Однак, найбільшу небезпеку являють собою об'єкти. що виробляють чи застосовують у технології сильнодіючі отруйні речовини, вибухо і пожежонебезпечні матеріали і продукти. Небезпечними об'єктами є також склади, бази. залізничні станції і порти, де зберігаються чи маються запаси цих матеріалів і продуктів. Аварії можуть трапитися унаслідок:

- стихійних лих;
- допущення прорахунків у проектуванні будівництві і обладнанні підприємства;

- введення в експлуатацію промислових об'єктів з великими недоробками і відступами від проектів;

- прийняттям в експлуатацію вентиляційних систем без випробування на ефективність їх роботи;

- недоробок по техніці безпеки і охороні праці тощо.

Вони можуть бути також наслідком порушення технологічного процесу, несправності електропроводки і недостатнього впровадження надійних систем пожежогасіння.

Аварії виникають і унаслідок необачного поводження з вогнем.

Крім того, причинами аварії можуть бути: порушення вимог і правил техніки безпеки: низька трудова і технологічна дисципліна, відсутність належного контролю за процесом виробництва.

Аналіз причин аварій показує, що вони виникають головним чином унаслідок поганої навченості персоналу, допущеної халатності, порушень технологічного процесу виробництва і правил техніки безпеки.

Для запобігання аваріям на промислових підприємствах і транспорті заздалегідь розробляються і здійснюються організаційно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості і безаварійності роботи.

Вивчення причин виникнення аварій і всебічна оцінка ступеня їх небезпечності дасть можливість правильно визначити заходи, що до їх попередження, передбачити необхідні дії по захисту людей і зниженню втрат.

7.4.2 Дії адміністрації, персоналу та населення при виникненні надзвичайних ситуацій.

Важливим фактором забезпечення безаварійної роботи є вивчення і суворе дотримання всіма інженерно-технічними працівниками правил і норм техніки безпеки. Основними заходами по ліквідації наслідків аварій і стихійних лих є:

- оповіщення робітників і службовців, ЦО і населення, що проживає поблизу об'єкту, екстрена евакуація;

- комплексна розвідка об'єкту на якому виникла аварія;
- рятування людей з-під завалів, із оточуючих і ушкоджених будівель і споруд;
- надання медичної допомоги потерпілим від аварії, вивіз у лікувальні установи;
- гасіння пожеж;
- локалізація аварії на комунально-енергетичних мережах, перешкоджаючих веденню рятувальних робіт;
- улаштування проїздів і підходів до місць аварій;
- руйнування ненадійних конструкцій, розбирання завалів;
- демонтаж зберігшогося устаткування, якому загрожує небезпека;
- організація комендантської служби.

Задача кожного працюючого на підприємстві - знати основні правила поведінки при аваріях, вміти діяти в обставинах, що при цьому склалися. Ці правила і послідовність дій треба вивчати, постійно пам'ятати і вміти практично виконувати.

В аварійній ситуації важливою задачею є оповіщення про аварію. Кожний робітник і службовець будь-якого об'єкту народного господарства повинен вміти користуватися наявними на підприємстві оповіщувачами. Кожний робітник підприємства, пов'язаний з можливою газовою обстановкою, повинен знати способи виклику газорятівників.

Для ліквідації стихійних лих, виробничих аварій і рятування потерпілих на об'єктах народного господарства у першу чергу залучаються спеціальні підрозділи (газорятівників, пожежників і т. ін.), при необхідності можуть залучатися формування ЦО.

З виникненням аварій робітники і службовці, що входять до складу формування ЦО, зобов'язані негайно прибути на місце збору. Робітники і службовці підприємства, що не входять до складу формувань, повинні бути також готові вести роботи по ліквідації аварії, по спасінню потерпілих на об'єктах.

Ліквідація наслідків стихійних лих і аварій може здійснюватись одночасно на всьому об'єкті або по окремих його ділянках при наявності достатніх сил і засобів. При цьому розпочинають їх у першу чергу там, де необхідно надати допомогу людям, на ділянках, які становлять найбільшу небезпеку.

Перша медична і лікарська допомога надається перш за все потерпілим, що знаходяться у шоківому стані, а також вивільнені з-під уламків завалів. Вивільнення людей з-під великих завалів проводиться з додержанням особливих заходів перестороги, їм надається невідкладна медична допомога на місці з подальшою евакуацією у лікувальні установи.

Виробничим аваріям звичайно сприяють пожежі, що створюють у деяких випадках найбільшу небезпеку. Обстановка в осередку пожежі може створитися досить складна, особливо при наявності руйнувань, завалів, порушення і навіть припинення водопостачання. Боротьба з вогнем пов'язана із рятуванням людей, якщо частина персоналу підприємства опинилася у зоні, охопленій полум'ям. Наявність у виробництві вибухонебезпечних і швидко займистих матеріалів може погіршити становище. Тому до ліквідації пожежі необхідно залучити технічний персонал підприємства, який добре знає розташування апаратури, що знаходиться під великим тиском, місцезнаходження вибухонебезпечних чи отруйних речовин, а також можливості використання стаціонарних засобів пожежегасіння.

У першу чергу локалізують і гасять ті осередки пожежі, які становлять перешкоду рятувальним роботам і створюють загрозу подальшого поширення вогню.

Особовий склад формувань пожежегасіння повинен суворо дотримуватись правил безпеки, слідкувати за станом будівельних конструкцій, що загрожують обвалом, і не допускати, щоб вогонь оточував працюючих. При сильній задимленості особовий склад, що приймає участь у гасінні пожежі, повинен діяти у протигазах і використовувати інші захисні засоби.

Пожежі впливають на людей дуже сильним психологічним ефектом. Відомо, що паніка серед людей навіть при невеликих пожежах є причиною

значних жертв. Знаючи правила поведінки, людина, захоплена цим лихом, у будь-якій обстановці зможе не лише врятувати своє життя, але й надати допомогу у рятуванні інших людей, матеріальних цінностей від вогню.

При самопорятунку і рятуванні інших людей у будинках охоплених вогнем, діяти слід швидко, оскільки основною небезпекою є висока температура повітря, задимлення, можливі обвалення будівельних конструкцій. Палаюче приміщення треба долати, накрившись з головою мокрою ковдрою, цупкою тканиною чи верхнім одягом, крізь сильно задимлене приміщення слід повзти чи рухатись пригинаючись. Двері у задимлене приміщення слід відчиняти обережно, бо швидкий потік повітря викличе спалах полум'я. Ввійшовши у приміщення, де можуть бути люди, слід гукнути їх, відшукуючи потерпілих, треба пам'ятати, що діти від переляку ховаються під ліжко, шафу, забиваються у кутки, в інші місця.

Під час пожежі на людях спалахує одяг. При невеликих ділянках палаючого одягу вогонь може бути погашений шляхом збивання його курткою, рукавицею. Не виключено, що у деяких випадках люди в палаючому одязі намагаються бігти. Необхідно зупинити їх, накинувши на таких потерпілих будь-яке полотнище, щільно притуливши його до тіла потерпілого. Цим може бути досягнуте припинення припливу повітря до місця горіння і самогоріння.

При виникненні пожежі на виробництві у першу чергу треба повідомити пожежну команду, а потім сміливо вступати у боротьбу з вогнем.

Для гасіння пожеж застосовуються : вода, пісок, вогнегасники і інші підручні засоби. Крім цих засобів треба застосовувати підготовлений протипожежний інвентар, пінні, порошкові і вуглекислотні вогнегасники, а також підручні матеріали, що мають вогнегасну дію.

Бензин, гас, різні органічні масла і розчинники, палаючу електропроводку водою гасити не можна, їх слід гасити за допомогою пінних і порошкових вогнегасників, шляхом засиплення піском і землею, а якщо вогнище пожежі невелике - накрити його брезентовим покривалом, важкою тканиною чи

одягом, змоченим водою. Палаючу електропроводку гасити можна лише впевнившись, що з неї знята напруга.

Треба бути уважним при наявності обвислих проводів: не з'ясувавши, що провід знеструмлено, слід вважати його під напругою і вживати відповідні заходи безпеки.

На ряді об'єктів народного господарства здійснюється виробництво, використання, зберігання, а у деяких районах і перевезення сильнодіючих отруйних речовин (СДОР). Це стосується перш за все підприємств хімічної, нафтопереробної, нафтохімічної та інших споріднених з ним галузей промисловості, підприємств, що мають холодильні установки в яких застосовується як холодильний агент речовини типу аміаку, водопровідних і очисних споруд, що використовують хлор, залізничних станцій, що мають колії рухомого складу для СДОР, а також складів і баз з запасами отрутохімікатів, чи інших аналогічних речовин. Серед СДОР можуть бути: аміак, хлор, окис вуглецю, сірчастий ангідрид, сірковуглець, трихлористий фосфор, фтористий водень та. ін.

У наслідок стихійних лих (наприклад, під час землетрусу, пожежі чи залізничної катастрофи) чи при аварії на виробництві, можливі виливи (викиди) СДОР і пов'язані з ними зараження місцевості і повітря. При цьому не виключені ураження людей, що знаходяться у районах виливу (викиду) СДОР.

Після виявлення викиду в атмосферу СДОР чи розливу її по території слід негайно сповістити всіх, хто може опинитися у небезпечній зоні, включаючи і житловий сектор, який межує з об'єктом.

Робітники і службовці, а у деяких випадках і жителі прилеглих районів на випадок аварії повинні бути забезпечені промисловими фільтруючими протигазами, призначеними для захисту від даного виду СДОР.

Робота по ліквідації аварії у першу чергу спрямована на те, щоб припинити розповсюдження отруйної речовини в атмосферу і розтікання її по місцевості. Для цього потрібно відключити ушкоджену ділянку перекрити крани і інші запірні пристрої. На розриви, що утворилися у ємностях і трубопроводах,

накласти пластирі, муфти, у необхідних випадках забити пробки із дерева чи металу, перекачати СДОР з ушкоджених ємностей у справні. Крім того, для збору отруйних речовин необхідно відкопати рови і канали.

Розвідники, як тільки виявлять зараження, визначають концентрацію СДОР, уточнюють зони небезпечного і надзвичайно небезпечного зараження, позначають їх межу, встановлюють шляхи підходу, характер і масштаби руйнувань, стан людей і обладнання. Район, де відбулася аварія обов'язково оточується, сторонні не допускаються.

Органи ЦО у цей час повинні уважно стежити за метеорологічною обстановкою. Напрямок вітру і температура повітря можуть змінюватись, і це відіб'ється на характері і напрямку розповсюдження отруйних парів.

Не менш важливою турботою при ліквідації зараження є дегазація зараженої території, споруд і устаткування. Як речовини для дегазації можуть бути використані, наприклад, хлор, гашене вапно, лужні відходи промисловості. Застосовують їх найчастіше у вигляді розчинів або кашки.

Усі хто приймає участь у ліквідації аварії, забезпечуються промисловими чи ізолюючими протигазами, захисним одягом, індивідуальними протихімічними пакетами, медичними засобами.

У зонах можливих затоплень на місцевості слід додержуватись встановленого порядку, зайняти підвищені місця. При рятувальних роботах необхідно виявляти витримку і самовладання, суворо дотримуватись вимог рятувальників. Не можна переповнювати рятувальні засоби (катери, човни, плоти), оскільки це загрожує безпеці рятувальників і врятованих. Потрапивши у воду, слід скинути із себе важкий одяг і взуття, відшукати поблизу плаваючі чи підвищені над водою предмети, скористатися ними до отримання допомоги.

У випадку одержання сигналу сповіщення населення про наближення селевого потоку чи зсуву, а також при перших ознаках їх появи, треба якомога швидше залишити приміщення попередити про небезпеку оточуючих і вийти у безпечне місце. Залишаючи приміщення, слід загасити печі, перекрити газові крани, вимкнути світло і електроприлади. Це допоможе відвернути виникненні

пожежі. Селеві потоки і зсуви являють серйозну небезпеку при їх раптовій появі. У цьому випадку страшнішим за все є паніка.

У випадку захоплення когось потоком селю, треба надати потерпілому допомогу усіма наявними засобами . Такими засобами можуть бути жердини, канати чи мотузки, що подають рятівники. Виводити врятованих з потоку треба у напрямку потоку із поступовим наближенням до краю.

На кожній ділянці аварійних робіт виставляється охорона і спостерігачі, а біля небезпечних місць встановлюється огорожа і вивішуються плакати з попередженнями про небезпеку.

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

Сьогодні, коли на всій планеті під впливом людини відбулися помітні зміни як живої, так і неживої природи, дедалі більшого значення набуває гармонійна взаємодія суспільства і природного довкілля, оскільки людина отримує від природи все необхідне для життя: енергію, продукти харчування, матеріали, черпає в ній емоційну й естетичну наснагу. Тому вкрай необхідна не лише чітка стратегія охорони природного середовища та посилення контролю за природокористуванням, але й добре продумана система екологічної освіти й виховання населення. Людство протягом свого існування постійно контактувало з природою. Цілеспрямовані антропогенні дії на неї мають як позитивний, так і негативний вплив. Серед негативних наслідків останніх десятиліть, особливо це стосується науково-технічного прогресу, дедалі більшого розмаху набуває забруднення атмосфери, водоймищ, деградація ґрунтового покриву, знищення запасів біологічних ресурсів, порушення стабільності екологічних систем та багато інших. Зростаючий антропогенний вплив на навколишнє середовище, його забруднення різними відходами виробництва, поряд з надмірним використанням природних ресурсів, стали предметом широкого обговорення і всестороннього вивчення. Найбільший антропогенний вплив на навколишнє середовище в сучасну епоху чинить транспорт, промисловість, енергетика, сільське господарство. Багаторічна енергетично-сировинна спеціалізація, а також низький технологічний рівень промисловості України поставили її в число країн з найбільш високими абсолютними обсягами утворення та накопичення відходів.

Якщо навколишнє середовище змінюється на стільки, що умови проживання людини погіршується, то це прийнято вважати екологічними

проблемами. Практично всі екологічні проблеми мають масштабний характер, тобто присутні по всій земній кулі. А це означає, що вони загрожують не окремому регіону або країні, а всій планеті і людству в цілому.

Причиною екологічної проблеми може бути стихійне лихо. Одним з таких стихійних лих може бути катастрофічна повінь, яка знищує сільськогосподарські землі, забруднює поверхневі води і призводить до спалаху інфекційного захворювання. Причиною екологічної проблеми може бути виверження вулкана або землетрус.

Екологічна проблема може також виникнути згодом дії людини на природу. За всю історію існування людини, він негативно впливав на природу своєю господарською діяльністю, що стало причиною порушення екологічної рівноваги. Забруднюючи навколишнє середовище, людина домігся того, що ресурсів стає все менше, окремі природні компоненти і природні комплекси в цілому видозмінюються. Деякі екологічні проблеми відносять до проблем із забрудненням літосфери. Причиною забруднення даної оболонки Землі є заковування в землю шкідливих і радіоактивних відходів. За допомогою мінеральних добрив та отрутохімікатів, завалів порід в районі гірської розробки та накопичення звалищ проводиться забруднення літосфери, що в підсумку призводить до глобальних екологічних проблем. Не меншу проблемою є і кислотні дощі, які виникають згодом викиду великої кількості відходів. До складу даних відходів входять шкідливі речовини. Велика кількість цих відходів викидають енергетичні підприємства, на яких спалюють багато вугілля.

Кислотні дощі приносять шкоду не тільки природі, але і будівлям і матеріалами. Найбільше від таких дощів страждають хвойні ліси, які дуже поширені в Європі та Америці. Також страждають водойми. На першому етапі пропадають планктонні організми, після яких зникає риба, ракоподібні і молюски.

Під впливом кислотних дощів, чорні і кольорові метали схильні до корозійних процесів. Хімічні реакції, які діють на вапняк або мармур, перетворюють матеріал в гіпс.

Підвищена кількість вуглекислого газу також є екологічною проблемою. Рівень вуглекислого газу підвищується тоді, коли спалюють органічне паливо.

Багато вчених вважають саме це причиною глобального потепління в світі. За оцінками дослідницьких центрів, температура може підвищитися на декілька градусів. Також причиною цього є робота різних машин і агрегатів. Дану проблему пов'язують із збільшенням смертності в деяких країнах. Серед найважливіших проблем сучасності, без сумніву, найбільш складною являється екологічна.

Дослідженнями вчених гігієністів України доведено доведено стабільне забруднення довкілля (атмосферного повітря, води водоймищ, ґрунту) комплексом шкідливих чинників хімічної, фізичної, біогенної природи.

Винятковою особливістю екологічного стану України є те, що екологічні гострі локальні ситуації поглиблюється великими регіональними кризами. Чорнобильська катастрофа з її довготривалими медикобіологічними, екологічними, економічними та соціальними наслідками спричинила в Україні ситуацію, яка наближається до рівня глобальної екологічної катастрофи.

Результатом негативного впливу шкідливих факторів навколишнього середовища на організм людини, особливо на тлі соціально-економічних зрушень в суспільстві, є погіршення здоров'я нації.

8.2 Заходи щодо зниження рівня скидання забруднюючих речовин в навколишнє середовище і вплив викидів на здоров'ї людини

Для вирішення усіх згаданих нових та старих проблем необхідне створення єдиної програми дослідження законів функціонування і структури екозалежності системи з метою всебічного комплексного вивчення закономірностей взаємодії організму з факторами довкілля, вдосконалення наукових основ регламування цих факторів та розробки гігієнічних рекомендацій по оздоровленню оточуючого середовища.

Складність та багато аспектність проблем гігієни навколишнього середовища, залежність їх від суміжних медичних та біологічних дисциплін призводить до того, що приведенню повноцінних наукових досліджень по виявленню закономірностей взаємодії організму з факторами оточуючого середовища на сучасному етапі звичайний, традиційними методами стає неможливим. Воно потребує застосування програмно – цільового підходу проблеми, концентрації наукових зусиль що найбільш важливих та преспективних напрямках наукових досліджень, комплексування та координації наукових розробок, забезпечення безперервності та послідовності виконання наукової тематики, а також використання нових інформаційних технологій.

Саме тому фахівцями інституту гігієни та медичної екології АМН України відповідно до конституції України і Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» та постанови верховної ради України №188/98-ВР «основні напрями державної політики України в галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки» сформовано наукову програму « Охорона навколишнього середовища та здоров'я населення ».

Мета програми – запропонувати комплекс заходів, спрямованих на покращення екологічної ситуації в Україні та запобігання дії на здоров'я людини шкідливих чинників навколишнього середовища.

Основою, а також першим етапом реалізації цієї програми можна вважати весь досвід наукової діяльності гігієнічних установ України. Спільність цільових установок та комплексне вирішення окремих завдань дозволили виділити 3 найважливіші наукові напрями:

- оцінка стану навколишнього середовища і контроль його якості;
- розробка наукових основ оцінки впливу оточуючого середовища на здоров'я населення населення України;

- науковий прогноз та розробка оздоровчих заходів, спрямованих на покращення якості довкілля і стану здоров'я людей.

План дій в рамках програми передбачає виконання науково-дослідних робіт, спрямованих на вирішення питань охорони довкілля та захисту народу України від шкідливої дії забруднювачів.

Серед нових проблем, що потребують вирішення, слід назвати розробку ефективних систем управління для науково-дослідних організацій, діяльність яких повинна все більше спиратися на використання інформаційних технологій. З цією метою в головній по проблемі науковій установі – ІГМЕ був створений і зараз функціонує спеціалізований підрозділ, що займається задачами інформатизації як самого інституту, так і питаннями застосування науково-дослідних, науково-практичних та методологічних інновацій, спрямованих на впровадження нових комп'ютерних технологій в структурах санепіднагляду, а також системі охорони здоров'я в цілому.

Створення та підтримка баз даних з основних напрямків реалізації запропонованої програми дозволяє оперативно вирішувати завдання координації наукових досліджень, визначати шляхи подальшого розвитку наукових пошуків дослідників. Завдяки існуванню локальної мережі в ІГМЕ координаційний центр програми має змогу обробляти та накопичувати інформацію щодо виконаних робіт безпосередньо на сітьових дисках.

В результаті об'єднання локальних мереж МОЗ України й Інституту гігієни та медичної екології в рамках єдиної корпоративної мережі став можливим цілодобовий доступ усіх користувачів головної установи до Інтернету і серверу МОЗ.

За умови подальшого виконання програми “Охорона навколишнього середовища та здоров'я населення.” Наступним кроком стане створення єдиного інформаційного простору такої галузі профілактичної медицини, як гігієна навколишнього середовища, на основі поетапного переходу від локальних до інтегрованих інформаційних систем обробки медичних, статистичних, екологічних та економічних даних, і, в кінцевому рахунку до

цілісного банку інформації з виконання програми різними науковими закладами України.

Вказані заходи будуть сприяти визначенню характеру та специфіки шкідливих факторів довкілля на території країни, одержанню загальної оцінки захворюваності населення в окремих регіонах, визначенню тенденції і характеру змін у стані здоров'я населення при дії конкретних сполучень забруднювачів, розробці профілактичних та оздоровчих заходів з оцінкою їх ефективності.

Для вирішення ряду нових проблем, безпосередньо пов'язаних зі складними екологічними умовами, необхідно закласти наукові основи біомоніторингу, створити карти та реєстри регіонів з урахуванням рівнів забруднення довкілля і стану здоров'я людей.

Програмою передбачається розробка доступних скринінгових методів дослідження, пріоритетною залишається також підготовка законодавчих та нормативних документів.

Науково-дослідні праці як по вивченню і регламентації факторів навколишнього середовища, так і по виявленню їх негативного впливу на стан здоров'я населення і генофонд країни, передбачається здійснювати спільно з рядом установ МОЗ України, АН та АМН України та ін. Зараз в центрі розпочато виконання ряду наукових розробок, які можуть бути продовжені при здійсненні програми, що пропонується.

ВИСНОВКИ

Дипломна робота має за мету розробку мікроконтролерної системи ультразвукового пристрою для вимірювання температури та жирності молока. Контроль якості молока ультразвуком дозволяє з необхідною точністю проводити експрес аналіз, що не вимагає значних затрат часу та великої кількості параметрів. Під час виконання дипломної роботи:

- проведено детальний аналіз існуючих методів контролю якості молока;
- досліджено взаємну залежність параметрів якості молока;
- розроблено структурну схему вимірювальної мікроконтролерної системи;
- проведено аналіз та вибрано відповідно до структурної схеми вузли мікроконтролерної системи;
- розроблено складено прототип мікроконтролерної системи на основі апаратно-обчислювальної платформи та плат розширення Arduino;
- розроблено детальний алгоритм роботи програми для мікроконтролера та формули розрахунку якісних показників молока;
- розроблено програмне забезпечення мікроконтролера;
- розраховано надійність розробленої ультразвукової мікроконтролерної системи для вимірювання температури та жирності молока.

Розроблена ультразвукова мікроконтролера система для вимірювання температури та жирності молока активується при підключенні системи до джерела живлення. Тривалість зняття показників та обрахунку результатів займає одну секунду з кінцевою похибкою не більше $\pm 0,005\%$. Відповідно до розрахованих показників надійності час безвідмовної роботи становить 2420 годин, при 47458 годинах напрацювання на відмову.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. 123D Circuits AutoDesk [Електронний ресурс]: Electronics from beginner to pro - Режим доступу: <https://123d.circuits.io/>.
2. Arduino[Електронний ресурс]: Arduino офіційний сайт - Режим доступу: <http://www.arduino.cc/>.
3. Fritzing [Електронний ресурс]: Fritzing офіційний сайт - Режим доступу: <http://fritzing.org/> .
4. LiquidCrystal [Електронний ресурс]: Arduino офіційний сайт - Режим доступу: <http://www.arduino.cc/en/Tutorial/LiquidCrystal> .
5. Transfer Multisort Elektronik - Электронные компоненты [Електронний ресурс]: ТЕМ - Режим доступу: <http://www.tme.eu/ru/katalog/>
6. Tutorial: Basic 16x2 LCD with Arduino [Електронний ресурс]: Garagelab - Режим доступу: <http://garagelab.com/profiles/blogs/tutorial-basic-16x2-lcd-with-arduino> .
7. Библиотеки для работы с Arduino [Електронний ресурс]: Arduino проекты - Режим доступу: <http://arduino-project.net/biblioteki-arduino/>.
8. Брусиловский Л.П., Вайнберг А.Я. Приборы технологического контроля в молочной промышленности: Справочник. – 2-е изд. – М.: Агропромиздат, 1990. – 288 с.
9. Викторов И.А. Физические основы применения ультразвуковых волн Рэлея и Лэмба в технике.- М.: 1966. - 169с
10. Голямина И.П. Ультразвук. – М.: Советская энциклопедия, 1979. - 400с.
11. Комп'ютерна схемотехніка: Навчальний посібник / М.П. Бабич, І.А. Жуков, Ю.П.Колонтаєвський та ін. – К.: „МК-Прес”,2004. – 412 с.
12. Крусь Г.Н., Шалыгина А.М., Волокитина З.В. Методы исследования молока и молочных продуктов. – М.: Колос,2002 – 368 с.

13. Кургенев П.В. Молоко и молочные продукты. – М.: Агропромиздат, 1994. – 186 с.
14. Майер В.В. Простые опыты с ультразвуком 1978. - 161с.
15. Методичні вказівки до написання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах з освітньо-кваліфікаційного рівня “Спеціаліст” для спеціальності 7.091501-Комп’ютерні системи та мережі / Г.В. Сапожник, Н.М.Васильків. - Тернопіль: ТАНГ, 2004. – 24 с.
16. Методичні рекомендації до виконання дипломного проекту з освітньо-кваліфікаційного рівня “Спеціаліст”. Спеціальність «Комп’ютерні системи та мережі» / О.М. Березький, Р.Б.Трембач, Л.О.Дубчак, Г.М. Мельник / Під ред. О.М. Березького. - Тернопіль: ТНЕУ, 2013.–62 с.
17. Муравьев В.В., Зуев Л.Б., Комаров К.Л. Скорость звука. – Новосибирск: Наука, 2001. – 198 с.
18. Подключение датчика температуры DS18B20 к Arduino [Електронний ресурс]: Arduino-project - Режим доступу: <http://arduino-project.net/podklyuchenie-ds18b20-arduino/>.
19. Поширення ультразвуку [Електронний ресурс]: Depot - Режим доступу: <http://depot.in.ua/poшыrennja-ultrazvuku> .
20. Программирование Ардуино [Електронний ресурс]: Аппаратная платформа Arduino - Режим доступу: <http://arduino.ru/Reference>.
21. Степанова Л.И. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. – Т.1. – СПб.: ГИОРД, 2003. – 384 с.
22. Ультразвуковой датчик измерения расстояния HC-SR04 [Електронний ресурс]: GraftDuino - Режим доступу: <http://robocraft.ru/blog/electronics/772.html> .
23. Хартов В.Я. Микроконтроллеры AVR. - 2007. - 242с.
24. Швидкість звуку у рідинах [Електронний ресурс]: Wiki TNTU - Режим доступу: http://wiki.tntu.edu.ua/Швидкість_звуку_у_рідинах

25. Экспертиза молока и молочных продуктов. Качество и безопасность: Учеб. пособ. / Дунченко Н.И., Храмцов А.Г. и др. – Новосибирск: Сиб. унив. изд., 2007. – 477 с.