ЗМІСТ

[ВСТУП 3](#_Toc11789206)

[1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ КІНЦЕВОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ З ПЛАСТИКУ ABS 4](#_Toc11789207)

[1.1 Опис Print Product CRYSTAL 5](#_Toc11789208)

[1.2 Опис Skymaker Magic Box 6](#_Toc11789209)

[2 ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСІВ АЦЕТОНОВОЇ БАНІ 7](#_Toc11789210)

[2.1 Вибір мікроконтролера 7](#_Toc11789211)

[2.2 Вибір програмних засобів для програмування контролера 9](#_Toc11789212)

[2.3 Вибір програмних засобів для створення додатку до мобільної операційної системи Android 10](#_Toc11789213)

[3 РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ ПІД-РЕГУЛЯТОРОМ 16](#_Toc11789214)

[3.1 Пропорційна складова 17](#_Toc11789215)

[3.2 Інтегруюча складова 18](#_Toc11789216)

[3.3 Диференціююча складова 19](#_Toc11789217)

[3.4 Налаштування ПІД-регулятора 19](#_Toc11789218)

[4 ВИБІР СХЕМО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ 22](#_Toc11789219)

[4.1 Розробка та розрахунки функціональної схеми мікроконтролера 25](#_Toc11789220)

[5 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ДЛЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА 28](#_Toc11789221)

[5.1 Перелік об’єктів, змінних та констант в програмі 29](#_Toc11789222)

[5.2 Перелік використаних функцій, та методів класу в програмі 30](#_Toc11789223)

[6 РОЗРОБКА ДОДАТКУ ДО ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ANDROID 33](#_Toc11789224)

[6.1 Опис класу MainWindow 33](#_Toc11789225)

[6.2 Опис класу BluetoothConnection 36](#_Toc11789226)

[7 ОХОРОНА ПРАЦІ 39](#_Toc11789227)

[7.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на програміста при розробці даного програмного комплексу 40](#_Toc11789228)

[7.2. Розробка заходів з охорони праці 52](#_Toc11789229)

[7.3 Пожежна безпека 58](#_Toc11789230)

[ВИСНОВОК 62](#_Toc11789231)

[СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 63](#_Toc11789232)

# ВСТУП

Кінцева обробка ABS моделей пластику відіграє важливу роль в процесі виготовлення пластикових виробів, оскільки вона впливає на тактильне та візуальне сприйняття деталі, моделі, виробу тощо.

Оскільки принцип роботи 3D принтера полягає в пошаровому створенні моделі, то в результаті друку, на створеній моделі можна візуально побачити, і тактильно відчути надруковані принтером шари. Одним із способів усунення дефектів друку являється обробка парами ацетону, цей спосіб називається ацетоновою банею.

Ацетонова баня – метод пост обробки об'єкта друку, в якому виріб поміщають в середовище насичених парів того, чи іншого хімічного з'єднання для впливу на модель, після чого остання змінює свої властивості. Ацетонова баня для ABS робить деталь гладкою та глянсовою.

Для реалізації ацетонової бані треба підтримувати ацетон на необхідному рівні температури, та також необхідно циркулювати пари у середовищі обробки деталі.

Метою дипломного проектування є розробка пристрою для підтримування необхідних умов для обробки пластикової деталі, і також відлік часу до закінчення процесу. Пристрій повинен керуватися за допомогою програмного додатку для мобільної операційної системи Android.

При цьому необхідно розглянути і провести порівняльний аналіз існуючих технічних рішень.

# 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМИ КІНЦЕВОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ З ПЛАСТИКУ ABS

Багато студій які спеціалізуються на виробництві 3D моделей, також приватні особи які захоплюються 3D моделюванням, майстерні на виробництві які виробляють деталі, які використовуються у подальшому процесі виробництва, для усіх цих прикладів, а також багатьох інших є актуальним питання обробки пластику.

Існує декілька методів кінцевої обробки пластику:

* Полірування

Треба зачистити оброблювану поверхню шкурним матеріалом, змоченою ганчіркою видалити залишки зайвого пластику з деталі, обробити суху деталь на полірувальному апарату. До плюсів можна занести відсутність необхідності в розчинниках, та економічність, до мінусів: безпосередня участь людини, та також на оброблену поверхню погано наноситься фарба

* Ґрунтовка і фарбування

Після зачистки деталі наждачним папером, треба нанести аерозольну ґрунтовку, яка забезпечить гладку поверхню для подальшого нанесення фарби. Після нанесення ґрунтовки можна наносити фарбу, наносити треба в 2 – 4 шари, також після того як фарба висохне її треба надати процедурі поліровки. Цим способом можна досягти відмінних результатів, але він потребує ручної праці, також ґрунтовка і фарба збільшують розміри моделі, завдяки високоякісним ґрунтовці і фарбі, цей метод не можна назвати економічним.

* Обробка ацетоном

Для цього методу буде потрібна посудина з ацетоном, в котру занурюється модель, після цього модель треба висушити. Цей метод не витрачає багато часу, але дуже негативно сказається на деталізації моделі, також на моделі можуть залишитися білі розводи.

* Ацетонова баня

При цьому методі використовуються пари ацетону, яких можна досягти підігрівши ацетон до певної температурі. До плюсів цього методу можна віднести кінцевий результат оброблювальної поверхні, швидкість процедури, та посередня участь людини в процесі обробки, до мінусів : негативно сказається на деталізації, міцності моделі, та також небезпечність займання ацетону.

Є декілька готових рішень які автоматизують процес описаний в методі ацетонової бані, а також в методі обробки ацетону, вони знижують небезпечність займання ацетону, одними з таких рішень являються Print Product CRYSTAL, та також Skymaker Magic Box.

## 1.1 Опис Print Product CRYSTAL

Пристрій Print Product Crystal призначений для пост обробки виробів, надрукованих за технологіями FDM і FFF. Установка підтримує найширший діапазон розчинників у порівнянні з аналогами: всі розчинники для ABS, де-лімонен, дихлоретан, діхлорметан, мурашину кислоту, сольвент. Обробка виробів відбувається парами розчинника, а не спреєвим розбризкування, як у інших установок. Розчинник нагрівається тенами, випаровується, і його пари обробляють виріб. Усередині камери установки розташовані вентилятори, які розганяють пари розчинника по всьому простору камери, дозволяючи їм обробити виріб з усіх можливих сторін.

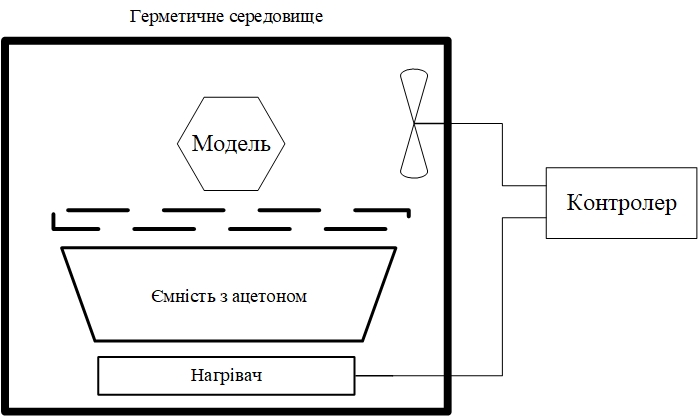


Рисунок 1.1 – Структурна схема ацетонової бані Print Product Crystal

## 1.2 Опис Skymaker Magic Box

Система Skymaker Magic Box призначена для обробки надрукованих пластикових моделей. Рекомендується використовувати ацетон як розчинник ABS пластику. Обробка поверхні відбувається кропленням поверхні моделі в короткий період часу. Завдяки системі збору ацетону, яка розташована під панеллю з оброблювальною моделлю, розчинник може використовуватися по декілька разів, що безумовно зменшує коштовність однієї процедури.

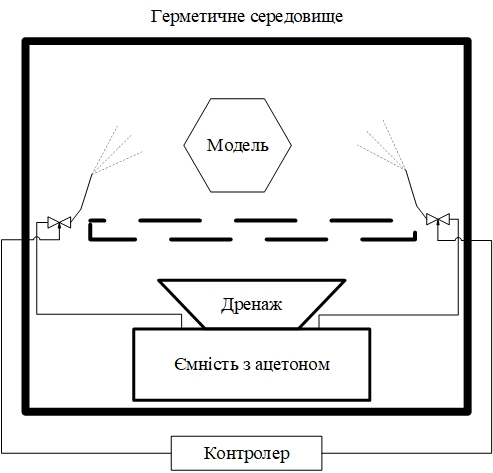


Рисунок 1.2 – Структурна схема ацетонової бані Skymaker Magic Box

Також варто зазначити що процедура відбувається за значно коротший відрізок часу, від 10 до 60 секунд, що в декілька десятків разів менше в порівнянні з обробкою парами ацетону.

# 2 ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПРОЦЕСІВ АЦЕТОНОВОЇ БАНІ

Для реалізації системи яка буде забезпечувати контроль процесів які відбуваються в ацетоновій бані, потрібен контролер, який буде керувати температурою нагрівача, відслідковувати температуру, вмикати, або вимикати вентилятор, також контролер повинен мати можливість бездротового зв’язку для обміну інформацією зі смартфоном на базі операційної системі Android.

## 2.1 Вибір мікроконтролера

Порівнюючи декілька контролерів різних специфікацій таких як ESP8266, та ESP32, було обрано плату побудовану на ESP32,оскільки цей контролер має досконаліші характеристики процесора, пам’яті, більшу різноманітність портів вводу/виводу, та також більш поширені можливості стосовно бездротового з’єднання.

Особливості ESP32 включають в себе наступне:

* Процесори:
  + Процесор: Xtensa двоядерний (або одноядерної) 32-розрядний LX6 мікропроцесор, що працює на 160 або 240 МГц і виконує до 600 DMIPS
  + Ультра низька потужність (ОТП) співпроцесор
* Пам’ять: 520 Кб пам’яті SRAM
* Бездротовий зв’язок:
  + Wi-Fi: 802.11 b/g/N
  + Bluetooth: В4.2 БР/EDR і БЛЕ
* Периферійні інтерфейси:
  + 12-розрядний АЦП до 18 каналів
  + 2 × 8-біт ЦАП
  + 10 × сенсорних датчиків (ємнісних датчиків і контролерів)
  + Датчик температури
  + 4 × СВО
  + 2 × i2s для інтерфейсів
  + 2 × з I2C інтерфейси
  + 3 × UART з
  + SD/SDIO/CE-ATA/MMC/eMMC хост-контролер
  + SDIO/SPI підпорядкований контролер
  + Ethernet Mac інтерфейс з виділеними DMA і стандарти IEEE 1588 точного часу за протоколом підтримки
  + CAN bus 2.0
  + (передавач/приймач, до 8 каналів)
  + Можливість підключення двигунів та світлодіодів через ШІМ-вихід
  + Ультра низька потужність аналоговий передпідсилювач
* Безпека:
  + Стандарт IEEE 802.11 підтримує всі функції безпеки, у тому числі АБФ, захист WPA/WPA2 і ВАПІ
  + Безпечне завантаження
  + Шифрування флеш
  + 1024-бітний ключ, до 768 біт для клієнтів
  + Криптографічне апаратне прискорення: AES, SHA-2, RSA, криптографії на основі еліптичних кривих (ЕСС), генератор випадкових чисел (ГВЧ)
* Управління живленням:
  + Внутрішній низький регулятор відключення
  + Індивідуальний енергетичний домен для RTC
  + 5 мкА струм режиму "глибокий сон"
  + Прокидання з переривання від GPIO, таймера, вимірювання АЦП, переривання ємнісного сенсорного датчика

## 2.2 Вибір програмних засобів для програмування контролера

Існує багато програмних засобів, та мов програмування які можуть надавати можливість програмувати контролери сімейства ESP, а конкретно в цьому випадку контролер ESP32.

Мови програмування, платформи та середовища, що використовуються для програмування ESP32:

* Arduino IDE з ESP32 Arduino Core
* Espressif IoT Development Framework — Офіційна Espressif розробка для ESP32.
* Espruino — JavaScript SDK і прошивка майже замінює Node.js.
* Lua RTOS дляESP32
* Mongoose OS — Операційна система для підключених продуктів на мікроконтролерах;
* PlatformIO Ecosystem і IDE
* Pymakr IDE — IDE призначений для використання з пристроями Pycom;
* Simba Embedded Programming Platform
* Whitecat Ecosystem Blockly заснована на Web IDE
* MicroPython
* Zerynth — Python для IoT і мікроконтролерів, включаючи ESP32.

Як можна побачити засобів для реалізації задуманої ідеї дуже багато, є підтримка дуже популярних язиків програмування таких як: JavaScript, Python, C, C++. Також є можливість програмувати мікроконтролер використовуючи дуже просту платформа назва якої Whitecat Ecosystem Blockly, котра потребує лише будування блок-схеми алгоритму, чи використовування програмної мови Lua , але все ж таки не дає повного контролю над процесами.

Але все ж таки найбільш поширеними мовами програмування мікроконтролерів є C та С++. З перерахованих вище є декілька середовищ програмування які підтримують С та С++, найбільш популярною із впевненістю можна назвати Arduino IDE, котра вдячна своєму успіху дуже простій процедурі налаштування, та ненагромадженому інтерфейсу, та також дуже потужній підтримці зі сторони інших розробників, але існують й інші не менш вдалі пропозиції, одною з котрих являється PlatformIO.

PlatformIO – це програмний продукт з відкритим вихідним кодом, які націлений на розробку програм для мікроконтролерів та IoT пристроїв.

Перевагами PlatformIO над Arduino IDE, є можливість великого вибору налаштувань, але в той самий час і простота використання, швидкий доступ до всіх потрібних бібліотек, та налаштувань для різноманітних платформ. Також треба зазначити що PlatformIO має зручні інструменти, такі як : підказки можливих команд які можуть знадобитися під час написання програмного коду; створення готових кодових конструкцій, таких як цикли, умовні оператори, тіло функцій; підкреслювання синтаксичних помилок, та можливі засобі для їх виправлення; інструмент налагодження програми, цих та багатьох інших інструментів дуже бракує в Arduino IDE, що робить це рішення недостатньо функціональним в порівнянні з аналогом, та не зручним для розробки більш-менш професійних проектів. Саме тому в процесі розробки використовувалась PlatformIO.

## 2.3 Вибір програмних засобів для створення додатку до мобільної операційної системи Android

Android — операційна система і платформа для мобільних телефонів та планшетних комп'ютерів, створена компанією Google на базі ядра Linux. Підтримується альянсом Open Handset Alliance (OHA).

Хоча Android базується на ядрі Linux, він стоїть дещо осторонь Linux-спільноти та Linux-інфраструктури. Базовим елементом цієї операційної системи є реалізація Dalvik віртуальної машини Java, і все програмне забезпечення і застосування спираються на цю реалізацію Java.

Java Virtual Machine (скорочено Java VM, JVM) – віртуальна машина Java – основна частина виконує системи Java, так званої Java Runtime Environment (JRE). Віртуальна машина Java виконує байт-код Java, попередньо створений з вихідного тексту Java-програми компілятором Java (javac). JVM може також використовуватися для виконання програм, написаних на інших мовах програмування. Наприклад, вихідний код на мові Ada може бути откомпилирован в байт-код Java, який потім може виконатися за допомогою JVM.

JVM є ключовим компонентом платформи Java. Так як віртуальні машини Java доступні для багатьох апаратних і програмних платформ, Java може розглядатися і як сполучна програмне забезпечення, і як самостійна платформа. Використання одного байт-коду для багатьох платформ дозволяє описати Java як «скомпільовано одного разу, запускається всюди» (compile once, run anywhere).

Віртуальні машини Java зазвичай містять Інтерпретатор байт-коду, однак, для підвищення продуктивності в багатьох машинах також застосовується JIT-компіляція часто виконуваних фрагментів байт-коду в машинний код.

Програми, призначені для запуску на JVM, повинні бути скомпільовані в стандартизованому переносимому довічним форматі, який зазвичай представляється у вигляді файлів «.class». Програма може складатися з безлічі класів, розміщених в різних файлах. Для полегшення розміщення великих програм, частина файлів виду «.class» може бути упакована разом в так званому «.jar» -Файл (скорочення від «Java Archive»).

Віртуальна машина JVM виконує файли «.class» і «.jar», емулюючи дані в них інструкції наступними шляхами:

* інтерпретування;
* Використання JIT-компілятора (наприклад, такого як «HotSpot» від Sun Microsystems).

У наші дні, JIT-компіляція використовується в більшості JVM для досягнення більшої швидкості. Існують також ahead-of-time компілятори, що дозволяють розробникам додатків перекомпілювати файли класів в рідній для конкретної платформи код.

Як і більшість віртуальних машин, Java Virtual Machine має stack-орієнтовану архітектуру, властиву мікроконтролерів і мікропроцесорів.

JVM – екземпляр JRE (Java Runtime Environment), що вступає в дію при виконанні програм Java; по завершенні виконання, цей екземпляр видаляється складальником сміття. JIT – та частина віртуальної машини Java, яка використовується для прискорення виконання програм; JIT одночасно компілює ті частини байт-коду, функціональність яких аналогічна, - що скорочує час, необхідний для проведення компіляції.

Додатки під операційну систему Android є програмами в нестандартному байт-коді для віртуальної машини Dalvik, для них був розроблений формат настановних пакетів .APK. Для роботи над додатками є безліч бібліотек: Bionic (бібліотека стандартних функцій, несумісна з glibc); мультимедійні бібліотеки на базі PacketVideo OpenCORE (підтримують такі формати, як MPEG-4, H.264, MP3, AAC, AMR, JPEG і PNG); SGL (движок двомірної графіки); OpenGL ES 1.0 ES 2.0 (движок тривимірної графіки); Surface Manager (забезпечує для додатків доступ до 2D / 3D); WebKit (готовий движок для веб-браузера; обробляє HTML, JavaScript); FreeType (движок обробки шрифтів); SQLite (легка СУБД, доступна для всіх додатків); SSL (протокол, що забезпечує безпечну передачу даних по мережі). У порівнянні зі звичайними додатками Linux, додатки Android підкоряються додатковим правилам : Content Providers – обмін даними між додатками; Resource Manager – доступ до таких ресурсів, як файли XML, PNG, JPEG; Notification Manager – доступ до рядка стану; Activity Manager – управління активними додатками.

Google пропонує для вільного скачування інструментарій для розробки (Software Development Kit), який призначений для x86-машин під операційними системами Linux, macOS (10.4.8 або вище), Windows XP, Windows Vista і Windows 7. Для розробки потрібно JDK 5 або більше новий.

Розробку додатків для Android можна вести на мові Java (не нижче Java 1.5). Існує плагін для Eclipse – Android Development Tools (ADT), призначений для Eclipse версій 3.3 – 3.7. Також існує плагін для IntelliJ IDEA, який полегшує розробку Android-додатків, і для середовища розробки NetBeans IDE, який, починаючи з версії NetBeans 7.0, перестав бути експериментальним, хоч поки і не є офіційним. Крім того, існує Motodev Studio for Android – комплексна середовище розробки на базі Eclipse, що дозволяє працювати безпосередньо з Google SDK.

У 2009 році на додаток до ADT був опублікований Android Native Development Kit (NDK) - пакет інструменів і бібліотек, що дозволяє реалізувати частину програми на мові С / С ++. NDK рекомендується використовувати для розробки ділянок коду, критичних до швидкості.

У 2013 році Google представила нову середу розробки Android Studio, засновану на IntelliJ IDEA від JetBrains.

У 2013 році відбувся реліз Embarcadero RAD Studio - XE5. Можливість розробки нативних додатків для платформи Android. Процес створення Android програми не вимагає додаткових пристроїв, крім, власне, Android-пристрої (в принципі, можна обійтися і емулятором).

Для розробки додатків для ОС Android, існує багато мов програмування, та платформ для їх застосування. Перелічимо декілька з них:

* Java – офіційна мова програмування, яка підтримується середовищем розробки Android Studio. Велика кількість програмних додатків до Android створена саме на Java. При розробці на Java для Android використовуються не лише Java-класи, але й також файли маніфесту на мові XML, які представляють операційній системі інформацію про додаток, і також системи автоматичної збірки Gradle, Maven та Ant, вказівки до котрих пишуться на мовах Groovy, POM и XML.
* Kotlin – ця мова позиціонується розробниками Android як другий офіційний язик програмування для Android після Java, але більш спрощеним для сприйняття. Kotlin зворотно сумісний з Java, та не викликає зниження потужності та збільшення розміру файлів. Відмінність від Java в тому, що ця мова потребує меншого службового втручання розробника, завдяки цьому більш легка для читання. Також можна сказати що Kotlin менш вимогливий до синтаксису, та пробачає такі поширені помилки як забутий знак «;».
* Lua — швидка і компактна скриптова мова програмування, розроблена підрозділом Tecgraf Католицького університету Ріо-де-Жанейро (Computer Graphics Technology Group of Pontifical Catholic University of Rio de Janeiro in Brazil). Є вільно-поширюваною, з відкритим сирцевим кодом на мові Сі. За можливостями, ідеологією і реалізацією, мова найближча до JavaScript, проте Lua відрізняється могутнішими і набагато гнучкішими конструкціями, спроектованими з метою «не плодити сутності понад необхідне». Хоча Lua не містить поняття класу і об'єкта в явному вигляді, механізми об'єктно-орієнтованого програмування з підтримкою прототипів (включаючи множинне успадкування) легко реалізуються з використанням метатаблиць, які також дозволяють перевантаження операцій, тощо. Реалізована модель ООП (як і в JavaScript) — прототипна. Lua значно простіша за Java, та з допомогою Corona SDK робить працю з цією мовою легкою.
* JavaScript – за допомогою Adobe Phone Gap також можна створювати Android-додатки. Phone Gap, дозволяє розробляти додатки до Android, за допомогою технологій web-розробки. Зроблений додаток відображатиметься через WebView, але в обгортці мобільного додатку.
* С/С++ ‒ низькорівнева мова яка також підтримується Android Studio. та також завдяки іншим фреймворкам надає можливість створювати додатки для Android. Завдяки Android NDK, котрий дозволяє запускати додаток не через Java Virtual Machine, а безпосередньо через сам пристрій. Це також означає що є можливість користуватися зовнішніми бібліотеками С/С++. Одним з таких прикладів являється Qt, який надає дуже великий діапазон бібліотек з функціями і класами, які полегшують розробку програм на С/С++, та надають доступ до багатьох інших інструментів, таких як створення графічного інтерфейсу. За допомогою Qt можна створювати інтерфейс декількома засобами, одним з котрих являється Qt Widgets, що дозволяє в короткий проміжок часу створити простий на вигляд, але тим не менш функціональний інтерфейс, за основу котрого взята технологія слотів-сигналів. Другим засобом для створення інтерфейсу являється Qt Quick в основі цього засобу лежить технологія QML. QML-документ являє собою дерево елементів. QML елемент, так само, як і елемент Qt, являє собою сукупність блоків: графічних (таких, як rectangle, image) і поведінкових (таких, як state, transition, animation). Ці елементи можуть бути об'єднані, щоб побудувати комплексні компоненти, починаючи від простих кнопок і повзунків і закінчуючи повноцінними застосунками, що працюють з інтернетом. QML елементи можуть бути доповнені стандартними JavaScript-вставками шляхом вбудовування .js файлів. Також вони можуть бути розширені C++ компонентами через Qt framework. Також ці два засоби можуть бути об’єднані в одному проекті.

Завдяки перевагам які надає технологія Qt, та властивостям мови програмування С++, було обрано використовувати цю зв’язку для створення програмного додатку для операційної системи Android.

# 3 РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ ПІД-РЕГУЛЯТОРОМ

Використання ПІД-регулятора для керування напругою дає можливість здійснювати управління з високими показниками точності, швидкодії, стійкості. ПІД-регулятор формує вихідний сигнал котрий являється сумою трьох складових з різними передавальними характеристиками. Завдяки цьому регулятор забезпечує високу якість регулювання та дозволяє оптимізувати управління по окремих критеріях.

В формуванні вихідного сигналу ПІД-регулятора беруть участь:

* Пропорційна складова – значення пропорційне помилці.
* Інтегруюча складова – інтеграл помилки.
* Диференціююча складова – похідна помилки.

Математична форма записку закону ПІД-регулятора має вигляд:

o(t) = P + I + D = Kp e(t) + Ki ∫e(t)dt + Kd de(t)/dt (3.1)

* o(t) – вихідний сигнал
* Р – пропорційна складова
* І – інтегруюча складова
* D – диференційна складова
* *e(t) –* помилка розугодження
* *Kp, Ki, Kd –* коефіцієнти пропорційної, інтегруючої, диференціюючої складових.

В схематичному вигляді можна представити так:

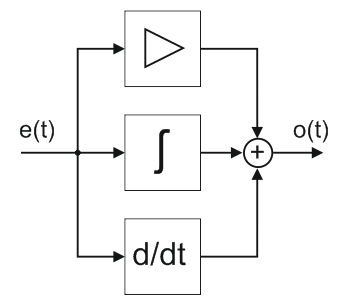


Рисунок 3.1 Схема ПІД-регулятора

В структурному вигляді:

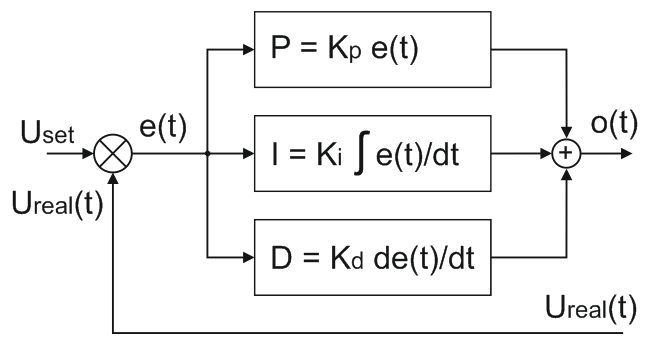


Рисунок 3.2 ‒ Структурна схема ПІД-регулятора

При програмній реалізації ПІД-регулятора обчислення вихідного сигналу відбувається через рівні проміжки часу, тобто регулятор являється дискретним за часом.

## 3.1 Пропорційна складова

Пропорційна складова не має пам’яті, тобто значення вихідного сигнала не залежить від попереднього стану системи. Просто помилка розугодження подається на вихід. Вихідний сигнал компенсує відхилення регулюємого параметру. Сигнал тим більший, чим більша помилка розугодження. При помилці равній 0, вихідний сигнал теж буде равний 0.

P(t) = Kp \* e(t) (3.1)

Пропорційна складова не здатна компенсувати помилку повністю. Про це говорить формула (3.1). Вихідний сигнал в Kp разів більший за помилку. Якщо помилка розугодження дорівнює 0, то і вихідний сигнал регулятора дорівнює 0. Тоді нема чим компенсувати.

Тому в пропорційних регуляторах існує так звана статистична помилка. Зменшити її за рахунок збільшення коефіцієнта Kp, але це призводить до зниження стійкості системи чи навіть до автоколивань.

До недоліків пропорційних регуляторів слід віднести:

* Наявність статичної помилки
* Невисока стійкість при збільшені коефіцієнту

Переваги:

* Висока швидкість регулювання. Реакція пропорційного регулятора на помилку розугодження обмежена тільки часом дискретизації системи.

Регулятори працюючі тільки за пропорційним законом застосовують рідко. Головна задача пропорційної складової в ПІД-регуляторі – збільшити швидкодію.

## 3.2 Інтегруюча складова

Інтегруюча складова – пропорційна інтегралу помилки розугодження.

I(t) = Ki ∫e(t)dt (3.2)

Помилка розугодження множиться на коефіцієнт та додається до попереднього значення інтегруючої складової. Тобто вихідний сигнал весь час накопичується, та з часом збільшує свій вплив на об’єкт. Таким чином, помилка розугодження повністю компенсується навіть при малих значеннях помилки і коефіцієнта Ki  В усталеному стані вихідний сигнал регулятора повністю забезпечується інтегруючою складовою.

К недолікам слід віднести:

* Низьку швидкодію
* Посередню стійкість

Переваги:

* Здатність повністю компенсувати помилку розугодження при будь-якому коефіцієнту підсилення

Головною задачею інтегруючої складової в ПІД-регуляторі – компенсація статичної помилки, забезпечення високої точності регулювання.

## 3.3 Диференціююча складова

Пропорційна швидкості зміни помилки неузгодженості. Своєрідний показник прискорення помилки неузгодженості. Диференціююча складова передбачає відхилення регульованого параметра в майбутньому і протидіє цьому відхиленню. Як правило, вона компенсує запізнювання впливу регулятора на об'єкт і підвищує стійкість системи.

D(t) = Kd de(t)/dt (3.3)

Регуляторів, що складаються з єдиної диференціюючої ланки, не існує.

Головне завдання диференціюючої ланки в ПІД регуляторі - підвищення стійкості.

## 3.4 Налаштування ПІД-регулятора

Якість регулювання ПІД регуляторів в значній мірі залежить від того, наскільки оптимально обрані коефіцієнти. Коефіцієнти ПІД регулятора визначаються на практиці в системі з реальним об'єктом шляхом підбору. Існують різні методики настройки.

Про якість регулювання судять по перехідній характеристиці регулятора. Тобто за графіком зміни регульованого параметра в часі.

До традиційних пунктах послідовності настройки ПІД регулятора я б додав, що, перш за все, треба визначитися які критерії якості регулювання краще.

Складові ПІД-регулятора налаштовуються окремо:

* Відключається інтегруючі та диференціюючи ланки і вибирається коефіцієнт пропорційного ланки. Якщо регулятор пропорційно-інтегруючий (відсутня диференціююча ланка), то домагаються повної відсутності коливань на перехідній характеристиці. Під час налаштування регулятора на високу швидкодію коливання можуть залишитися. Їх спробує компенсувати дифференціююча ланка.
* Підключається дифференціююча ланка. Його коефіцієнтом прагнуть прибрати коливання параметра регулювання. Якщо не вдається, то зменшують пропорційний коефіцієнт.
* За рахунок інтегруючої ланки прибирають остаточну помилку розугодження

Налаштування ПІД регулятора носить ітераційний характер. Тобто пункти підбору коефіцієнтів можуть багаторазово повторюватися до тих пір, поки не буде досягнутий прийнятний результат. Завдяки високим характеристикам і універсальності ПІД регулятори широко застосовуються в системах автоматизації виробництва. Приблизно ось так виглядав би графік температури, якщо нагрівач регулювався за допомогою ПІД-регулятора.

Рисунок 3.3 – Графік температури в системі з ПІД-регулятором

Реальний графік регулювання температури.

Рисунок 3.4 – Графік температури реальної системи

# 4 ВИБІР СХЕМО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Оскільки мікроконтролер ESP32 потребує живлення від 3,3 до 5 В, то він не має можливості живити такі пристрої як нагрівач, та вентилятор. Тому було вирішено використовувати транзистори в ключовому режимі, та керувати відкриття транзистору за допомогою ШІМ-модуляції.

Широтно-імпульсна модуляція ( PWM – Pulse Width Modulation ) – це спосіб завдання аналогового сигналу цифровим методом, тобто з цифрового виходу, що дає тільки нулі і одиниці отримати якісь плавно змінюються величини.

При ШІМ ми подаємо на вихід сигнал, що складається з високих і низьких рівнів, тобто нулів і одиниць. А потім це все пропускається через інтегруючу ланцюжок. В результаті інтегрування на виході буде величина напруги, що дорівнює площі під імпульсами. Змінюючи шпаруватість (відношення тривалості періоду до тривалості імпульсу) можна плавно змінювати цю площу, а значить і напруга на виході. Таким чином, якщо на виході суцільні 1, то на виході буде напруга високого рівня (наприклад, 5 вольт), якщо нулі, то нуль. А якщо 50 % часу буде високий рівень, а 50 % низький то 2,5 вольт.

Для вибору необхідного нагрівача нам потрібно підібрати нагрівач який зможе забезпечувати максимальну температуру в 56 0С на протязі тривалого часу.

Для цих цілей підійде керамічний нагрівач, який потребує живлення 12 В. Нагрівальний елемент знаходиться в герметичній металевій капсулі. За рахунок більшої ефективності керамічного нагрівального елемента, по відношенню до резистора, температурні коливання мають меншу амплітуду. Нагрівач потребує живлення в 12 В, має внутрішній опір 3,5 Ом, та може споживати до 40 Вт електроенергії.

Так як струм на нагрівачу буде обмежено до 2 А, в такому випадку знадобиться радіатор котрий зможе рівномірно розсіяти тепло під ємністю з ацетоном.

Pн = I \* V

Pн = 2 \* 12 = 24 Вт

Тобто, нагрівач потребує радіатор з тепловим опором в 2,3 К/Вт.

Також для побудування пристрою знадобиться вентилятор, котрий буде циркулювати пари ацетону по всій камері, тим самим обробляючи ацетоном поверхню моделі з усіх сторін. Але так як система працює безпосередньо з ацетоном, який має властивості горіння, то необхідно обрати вентилятор який побудований на основі безколекторного електричного двигуна. Оскільки електричні колекторні двигуни завдяки механізму з щітками можуть утворювати іскри, а так як вентилятор повинен знаходитися в одному середовищі з парами ацетону, то це може призвести до вибуху цих самих парів, саме тому потрібен вентилятор з безколекторним двигуном, котрий позбавлений таких недоліків.

Щодо вибору транзисторів за допомогою котрих буде керуватися нагрівач, та вентилятор, то він має відповідати таким вимогам:

1. Іе> 2 A
2. Uке  > 12 В
3. Uбе  > 5 В

Одним з багатьох транзисторів які задовольняли цим вимогам була модель 2SD965, яка має наступні характеристики:

* Напруга колектор-база: < 40 В
* Напруга колектор-емітер: < 20 В
* Напруга емітер-база: < 7 В
* Постійний струм колектора: < 5 А
* Піковий струм колектора: < 8 А
* Коефіцієнт h21e (β) : 180

## 4.1 Розробка та розрахунки функціональної схеми мікроконтролера

Оскільки живлення нагрівача, та вентилятора відбувається від джерела напруги 12 В, а мікроконтролер, в свою чергу живиться від джерела в 5 В, то схема побудована на транзисторах, які працюють в режимі ключа, де на колектор подається 12 В напруги, та напруга на базі керується мікроконтролером.

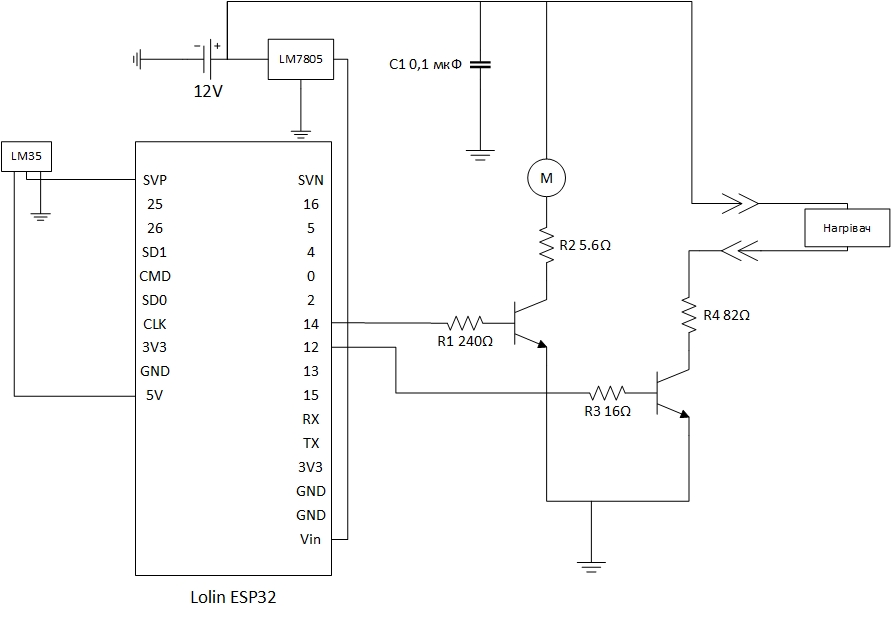


Рисунок 4.1 – Функціональна схема пристрою

Оскільки було обрано транзистор 2SD965, то розрахунки будуть проводитися опираючись на наступні характеристики:

1. Іе> 16 A
2. Uкб < 200 В
3. Uке  > 160 В
4. h21э = 20

Розрахунок транзистора VT1:

Розрахунки повільні задовольняти наступних умов:

1. Uк = 12 В
2. I­к = 2 А

Оскільки напруга на базі буде в діапазоні 0 – 5 В, середнє значення в 3 В. Тоді:

Підберемо найближчі існуючі номінали:

Розрахунок транзистора VT2:

Розрахунки повільні задовольняти наступних умов:

1. Uк = 12 В
2. Iк = 0,14 А

Оскільки напруга на базі буде в діапазоні 0 – 5 В, середнє значення в 3 В. Тоді:

Підберемо найближчі існуючі номінали:

Промоделюючи схему з отриманими розрахунками, отримаємо наступний результат.

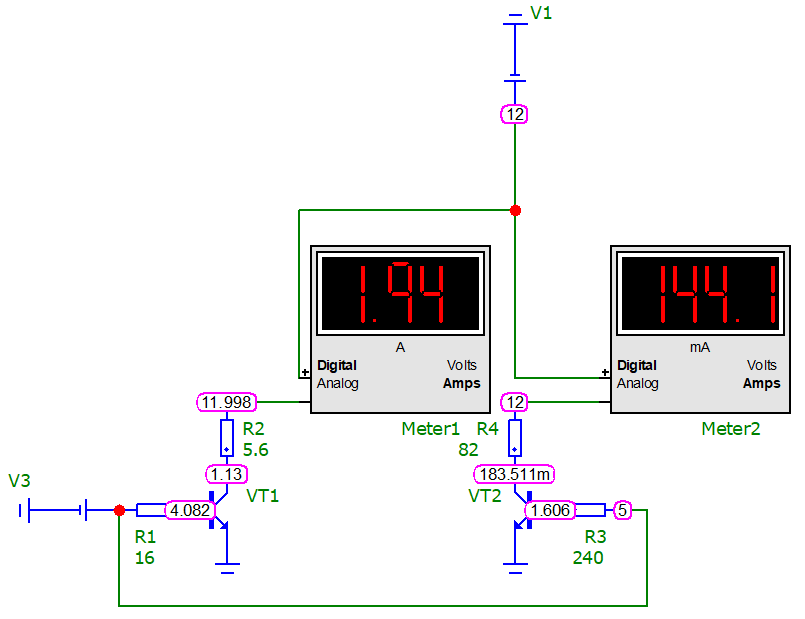


Рисунок 4.2 – Модель розрахованої схеми в MicroCap

Як можна побачити відображена модель задовольняє усім умовам.

# 5 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ДЛЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА

Центральним пристроєм у розробці є мікроконтролер ESP32, який служить для контролювання процесів які відбуваються в середовищі ацетонової бані. Додатковим, але не менш важливим, є додаток для операційної системи Android, через котрий відбувається налаштування характеристик процесу обробки пластика, та у реальному часі відображається важливі показники, такі як температура в середовищі з ацетоном, та час до закінчення процесу.

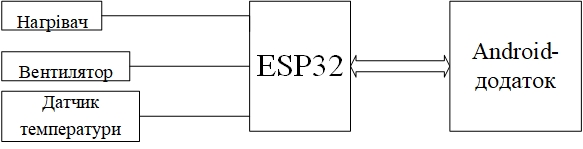


Рисунок 5.1 – Структурна схема ацетонової бані

Структурно програма має дві необхідні функції:

* setup()
* loop()

Вони відрізняються тим, що функція setup() запускається лише один раз, в самому початку роботи контролера, а функція loop() запускається одразу після завершення виконування setup(),та запускається циклічно, тобто після того як всі команди функції loop() було виконано, то вона запускається знову, і знову, аж до самого кінця роботи контролера.

Як можна зрозуміти з назви функції setup() (з англійської мови setup – налаштування), у цій функції прийнято створювати об’єкти, ініціалізувати змінні, та константи які будуть використовуватися в процесі виконання програми в функції loop() (з англійської мови loop – коло).

## 5.1 Перелік об’єктів, змінних та констант в програмі

В програмі використовувалися наступні об’єкти, та змінні з константами:

* BluetoothSerial ESP\_BT – об’єкт класу BluetoothSerial за допомогою якого здійснюється з’єднання з клієнтом, та відбувається обмін інформацією, та командами.
* hw\_timer\_t \*timer – покажчик класу hw\_timer\_t, за допомогою котрого програма оперує таймером. Таймер потрібен для відліку часу який був заданий для виконання процесу обробки ацетоном.
* String command – об’єкт класу String, який представляє текстовий рядок, який за допомогою описаних в класі методів полегшує процес обробки тексту.
* int temp – змінна типу int, яка містить температуру яка була задана з Android-додатку, використовується для порівняння значень з датчика температури.
* int duration – змінна типу int, яка містить значення часу в хвилинах, отриманого з Android-додатку.
* int tempSensor - змінна типу int, яка містить значення отримане з датчика температури, значення може коливатися в інтервалу від 0 до 4096, потім це значення, за допомогою формули, конвертується у градуси Цельсія.
* int seconds - змінна типу int, еквівалент змінної duration, але містить секунди, замість хвилин.
* bool processRunning - змінна типу bool, яка може зберігати лише значення true чи false, вона містить інформацію про стан процесу обробки, якщо processRunning – true, це значить що обробка в процесі виконання.
* bool fanRunning - змінна типу bool, яка зберігає інформацію про стан вентилятора, якщо fanRunning – true, це значить що вентилятор працює.

## 5.2 Перелік використаних функцій, та методів класу в програмі

Функції, та методи класів які використовуються в процесі виконання програми:

* void IRAM\_ATTR onTimer() – функція виконується кожного разу коли таймер відраховую одну секунду.
* void checkConnection() – при визові функції вона буде виконуватися, доки не буде під’єднаний Bluetooth-клієнт, після цього вона відсилає повідомлення на Android-додаток, який буде зрозумілий як готовність контролера до прийняття команд.
* void setup() – функція налаштування, вона викликається один раз в самому початку роботи програми.
* void loop() – функція яка циклічно повторюється до завершення програми, основний процес виконується в цій функції.
* Serial.begin(unsigned long baud) - метод класу Serial, який вмикає передачу інформації через послідовний порт, та задає частоту опитування.
* ESP\_BT.begin(String localName) – метод класу BluetoothSerial, який приймає об’єкт типу String на вхід, та вмикає Bluetooth на контролері, та надає Bluetooth-пристрою назву яка вказана в аргументі.
* ESP\_BT.hasClient() = метод класу BluetoothSerial, який повертає значення типу bool, в залежності від того чи під’єднано Bluetooth-клієнт.
* size\_t Print:: println(const String &s) – метод класу Print, який приймає константне посилання типу String, як аргумент, та друкує його в потік повідомлень, у цій програмі клас Print унаслідується двома класами Serial та BluetoothSerial.
* hw\_timer\_t \* timerBegin(uint8\_t timer, uint16\_t divider, bool countup) – функція яка приймає на вхід три параметри: timer – порядок таймера(потрібен в випадку існування декількох таймерів); divider – значення на яке ділиться частота вбудованого в контролер таймера; countup – дозволяє відрахування, якщо true.
* void timerAttachInterrupt(hw\_timer\_t \*timer, void (\*fn)(void), bool edge) - функція яка приймає на вхід три параметри: \*timer – вказівник на таймер над котрим потрібно зробити дію; void (\*fn)(void) – вказівник на функцію котра буде відпрацьовувати при відрахуванні таймером потрібного часу.
* void timerAlarmWrite(hw\_timer\_t \*timer, uint64\_t alarm\_value, bool autoreload) - функція яка приймає на вхід три параметри: \*timer – вказівник на таймер над котрим потрібно зробити дію; alarm\_value – дільника на котрий ділиться частота таймера, autoreload – містить значення bool, яке надає можливість таймеру на повторення, якщо дорівнює true.
* void timerAlarmEnable(hw\_timer\_t \*timer) - функція яка приймає на вхід вказівник на таймер, на запускає його.
* void pinMode(uint8\_t pin,uint8\_t mode) - функція яка приймає на вхід два значення: pin – номер контакту; mode – режим роботи для контакту з номером pin.
* uint16\_t analogRead(uint8\_t pin) – функція яка повертає значення з аналогового контакту, номер якого зберігається в pin.
* int Serial::available() – метод класу Stream, від якого унаслідується клас BluetoothSerial, повертає значення типу int, в залежності від того чи доступне нове повідомлення в послідовному порту Bluetooth.
* int Serial::read() – метод класу Stream, від якого унаслідується клас BluetoothSerial, повертає значення типу int, яке відповідає літері англійського алфавіту.
* unsigned char String::endsWith(const String &suffix) – метод класу String, який приймає константне посилання на об’єкт String, як аргумент, та повертає значення unsigned char, в залежності від того чи співпадає кінець рядка із рядком suffix.
* void String::setCharAt(unsigned int index, char c) - метод класу String, який приймає два параметри: index – номер в рядку на який треба замінити символ; c – символ на котрий змінюється символ під номером index.
* long String::toInt() const – метод класу String, який повертає конвертоване значення рядку в тип даних int.
* int String::lastIndexOf(char ch) const - метод класу String, який приймає змінну типу char,як аргумент, та повертає індекс останнього символу який дорівнює ch
* unsigned char String::startsWith(const String &prefix) - const - метод класу String, який приймає константне посилання на об’єкт типу String, та повертає значення типу unsigned char, в залежності від того чи дорівнює початок рядка з рядком на котрий вказує prefix.
* void String::trim() - метод класу String, який прибирає усі пробіли в рядку.
* void digitalWrite(uint8\_t pin, uint8\_t val) – функція, яка приймає два значення, як аргументи, та подає на контакт з номером pin, значення яке залежить від змісту змінної val.

# 6 РОЗРОБКА ДОДАТКУ ДО ОПЕРАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ANDROID

Так як управління контролером має бути реалізовано через Android-додаток, то було вирішено створити програму за допомоги фреймворка Qt, використовуючи мову програмування С++.

При розробці на Qt варто знати про таку технологію як сигнали-слоти, ця технологія дозволяє з’єднати методи класу с якоюсь подією, де подія виступає сигналом, а метод – слотом, також до одного сигналу може буди приєднано декілька слотів, так само як і з’єднання одного слоту з декількома сигналами. Тому в переліку методів будуть переважати слоти.

Програма керується двома класами, кожен клас фактично відповідає за відображення вікна, та усіх процесів які в ньому відбуваються.

Оскільки класи два, то й вікон інтерфейсу також два.

Перелік класів у додатку:

* MainWindow
* BluetoothConnection

## 6.1 Опис класу MainWindow

Класс MainWindow використовується для задання параметрів для процесу обробки пластику, також цей клас керує інтерфейсом в головному вікні програми.

### 6.1.1 Властивості класу MainWindow

Перелік властивостей класу MainWindow:

* Ui::MainWindow \*ui – вказівник типу MainWindow,через нього відбуваються усі маніпуляції з інтерфейсом, такі як змінення надписів, форм об’єктів, та їх властивостей.
* BluetoothConnection window – об’єкт класу BluetoothConnection, який використовується для виклику другого вікна з інтерфейсом.
* QBluetoothSocket \*socket - об’єкт класу QBluetoothSocket, цей клас використовується для маніпуляцій через протокол зв’язку Bluetooth, за допомогою цього об’єкту програма отримує інформацію з контролера, та відсилає команди необхідні для керування процесом.
* QString addressToConnect – об’єкт класу QString, який містить MAC-адрес пристрою Bluetooth, з котрим відбувається обмін інформацією, та керування.
* QString command - об’єкт класу QString, котрий містить команди які відправляються до мікроконтролера з метою управління.
* QString receivedInfo = об’єкт класу QString, в котрий записуються отримані від мікроконтролера дані.
* QTimer \*tmr – вказівник об’єкту QTimer, за допомогою якого відбувається керування таймером. Таймер використовується для перевірки з’єднання смартфону з мікроконтролером, через заданий проміжок часу.
* bool errorShowed – змінна типу bool, яка містить інформацію щодо відображення повідомлення про помилку, для запобігання повторного відображення.
* bool running - змінна типу bool, яка містить інформацію про стан процесу обробки пластику.
* bool paused – змінна типу boll, яка містить інформацію про те, чи знаходиться процес на паузі.

### 6.1.2 Методи класу MainWindow

Перелік методів класу MainWindow:

Методи:

Публічні:

* **MainWindow**(QWidget \*parent = *nullptr*) – метод є конструктором класу MainWindow, в цьому методі ініціалізуютсья об’єкти, такі як socket,\*tmr, також відбувається з’єднання слотів з потрібними сигналами.
* ~**MainWindow**() - метод є деструктором класу MainWindow, в цьому методі звільнюється пам'ять яка була виділена для динамічних об’єктів, та також переривається Bluetooth з’єднання, якщо таке мається.

Приватні:

* void **connectToDevice**(*const* QString& str) – в цьому методі відбувається з’єднання Android-смартфону з мікроконтролером через протокол Bluetooth, та також задається властивості для цього з’єднання.

Слоти:

* void **on\_StartStopButton\_clicked**() – цей слот з’єднано з сигналом який визивається у випадку натискання на кнопку Start/Stop в інтерфейсі. При натисканні на Start посилаються відповідні команди, які ініціюють початок обробки на мікроконтролері, у випадку натиску на Stop відправляються команди які завершують процес обробки.
* void **updateState**() – цей слот з’єднано з сигналом таймера, котрий надсилається у випадку коли таймер відраховує заданий час. Цей слот виконує перевірку наявності з’єднання з мікроконтролером, у випадку коли з’єднання було перервано відображується відповідне повідомлення.
* void **getAddress**(*const* QString& str) – цей слот з’єднано з сигналом котрий надсилає MAC-адресу Bluetooth-пристрою до якого треба приєднатися. Цей метод приймає цей адрес, та ініціює процедуру з’єднання через метод **connectToDevice**()
* void **controllerReader**() – цей слот з’єднано з сигналом котрий надсилається кожного разу як з мікроконтролера приходить нове повідомлення з даними. Цей метод приймає отримані дані, виконує процедуру парсинга, та на основі отриманих значень виводить інформацію на елементи інтерфейсу.
* void **on\_PairButton\_clicked**() – цей слот з’єднано з сигналом котрий надсилається у випадку натиску на кнопку Pair, при цьому показується друге вікно з активними пристроями Bluetooth.
* void **on\_pauseButton\_clicked**() – цей слот з’єднано з сигналом котрий надсилається у випадку натиску на кнопку Pause, та надсилає команду паузи на мікроконтролер.

## 6.2 Опис класу BluetoothConnection

Клас BluetoothConnection використовується для знаходження доступних для з’єднання Bluetooth-пристроїв, також використовується для керування інтерфейсу в другому вікні.

### 6.2.1 Властивості класу BluetoothConnection

Перелік властивостей класу BluetoothConnection:

* QString addressToConnect – об’єкт класу QString, який містить інформацію про адресу приєднаного пристрою.
* Ui::BluetoothConnection \*ui – вказівник, за допомогою якого здійснюються зміни об’єктів інтерфейсу.
* QBluetoothDeviceDiscoveryAgent \*agent – вказівник класу QBluetoothDeviceDiscoveryAgent, за допомогою якого знаходяться доступні для приєднання Bluetooth-пристрої, та також надає інформацію про ці пристрої.
* *struct* **BlDevice**{QString name;QString address;} – структура BlDevice, використовується для збереження інформації про знайдені Bluetooth-пристрої.
* std::vector<BlDevice> devices – вектор типу BlDevice,в якому зберігаються усі знайденні Bluetoth-пристрої;
* BlDevice discovered – об'єкт типу BlDevice, використовується для заповнення вектору devices.

### 6.2.2 Методи класу BluetoothConnection

Перелік методів класу BluetoothConnection:

Публічні методи:

* **BluetoothConnection**(QWidget \*parent = *nullptr*) – метод є конструктором класу BluetoothConnection, запускається процедура пошуку доступних Bluetooth-пристроїв, також відбувається з’єднання слотів з потрібними сигналами.
* ~**BluetoothConnection**() – метод є деструктором класу MainWindow, в цьому методі звільнюється пам'ять яка була виділена для динамічних об’єктів, та також зупиняється процедура пошуку Bluetooth-пристроїв.

Приватні методи:

* void **sendAddress**() – цей метод відправляє сигнал з MAC-адресою, який приймається у класі MainWindow.

Слоти:

* void **deviceDiscovered** (*const* QBluetoothDeviceInfo &device) – цей метод виконується коли знаходиться новий Bluetooth-пристрій, він приймає об’єкт класу QBluetoothDeviceInfo як параметр, та заповнює список знайдених пристроїв.
* void **on\_exitButton\_clicked**() – цей метод виконується у випадку натискання на кнопку Exit, він скриває вікно з пошуком Bluetooth-пристроїв.
* void **on\_connectButton\_clicked**() – цей метод виконується у випадку натискання на кнопку Connect, викликає метод **sendAddress**().
* void **on\_listWidget\_itemClicked**(QListWidgetItem \*item) – цей метод виконується у випадку натискання на один з найдених Bluetooth-пристроїв, ініціалізує змінну addressToConnect адресою обраного Bluetooth-пристрою.
* void **on\_refreshButton\_clicked**() – цей метод виконується у випадку натискання на кнопку Refresh, при цьому очищається список знайдених пристроїв, та перезапускається процедура пошуку.

# 7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням.

Законом України «про охорону праці» визначено принципи, на яких базується Державна політика в галузі охорони праці, зокрема, пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці.

Роботодавець повинен поінформувати працівників під розписку про умови праці та наявність на їх робочих місцях небезпечних та шкідливих виробничих факторів (фізичних, хімічних, біологічних, психофізіологічних), які виникають під час роботи з екранними пристроями та ще не усунуто, а також про можливі наслідки їх впливу на здоров'я працівників відповідно до вимог статті 5 Закону України «Про охорону праці».

У даному розділі вирішується питання охорони праці програміста на стадії розробки ним програмного комплексу«Технічний аналіз фінансових ринків»». Лабораторія, у якій працює програміст знаходиться в учбовому корпусі на кафедрі системного програмного забезпечення (СПЗ).

Терміни у цьому розділі вживаються в таких значеннях:

Екранні пристрої – електронні засоби для відтворення будь-якої графічної або алфавітно-цифрової інформації (на основі електронно-променевої трубки, рідкокристалічні, плазмові, проекційні, органічні світлодіодні монітори та інші новітні розробки у сфері інформаційних технологій);

Робоче місце (робоча станція) – сукупність устаткування, що включає екранний пристрій, який може доповнюватися клавіатурою або пристроєм введення та/або програмним забезпеченням, що представляє інтерфейс «оператор-дисплей», іншими приладами (периферійні пристрої, що включають пристрої для електронних носіїв, телефон, модем, друкувальний пристрій, тримач документів, робоче крісло, робочий стіл або робоча поверхня "розумного" столу, а також інше необхідне виробниче середовище).

Інші терміни у цих Вимогах вживаються у значеннях, наведених у Законі України «Про охорону праці» [4].

## 7.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на програміста при розробці даного програмного комплексу

### 7.1.1 Організація робочого місця

Організація робочого місця повинна забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування вимогам ДСТУ 8604:2015 «Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги» [1] та ДБН В.2.2-27:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» [2].

Приміщення, в якому працює програміст, має загальну площу 48 м2, висоту стелі 3 м. У приміщенні знаходиться 3 робочих місця з ПК. Кожне робоче місце обладнане робочим столом площею 1,2 м2, стільцем та персональним комп'ютером, що складається з монітора LG 29UM59-P, системного блоку, клавіатури та миші. Слід відзначити, що площа одного робочого місця оператора ПК не повинна бути меншою за 6 м2, а об'єм – не менший за 20 м3 [3], тобто площі та об'єму даного приміщення вистачає для розташування 3 робочих місця програмістів.

У приміщенні лабораторії знаходиться два вікна загальною площею 6 м2, на які встановлено склопакети фірми KBE Classica, а джерелом штучного освітлення є 6 світильників CSVT Universal38/opal/R-6. Лабораторія обладнана кондиціонером TOSHIBA RAS-10SKVP2-E.

Аналіз умов праці показує, що у приміщенні лабораторії на програміста можуть негативно впливати наступні шкідливі та небезпечні чинники:

* фізичні:
* підвищений рівень електромагнітного випромінювання радіочастотного діапазону;
* підвищений рівень інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання;
* підвищений рівень шуму та вібрації на робочих місцях;
* підвищене значення напруги в електричній мережі, замикання якої може відбутися через тіло людини;
* підвищені або понижені температура, відносна вологість та швидкість руху повітря робочої зони; підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони; підвищений або понижений вміст позитивних і негативних аероіонів у повітрі робочої зони;
* недостатня освітленість робочої зони; підвищена яскравість світла; понижена контрастність між об'єктом і фоном; прямий та віддзеркалений відблиск; підвищена пульсація світлового потоку;
* хімічні:

- підвищений вміст у повітрі робочої зони озону та аміаку;

* психофізіологічні:

- надмірні статичні та динамічні навантаження;

- розумове перенавантаження;

- перенавантаження аналізаторів;

- монотонність праці; надмірні емоційні навантаження;

- нераціональна організація робочого місця;

* біологічні:

- підвищений вміст мікроорганізмів у повітрі робочої зони.

Кожний із наведених чинників може негативно впливати на стан здоров’я програміста, а їх сумісна дія підсилити цей вплив. З метою виключення або зменшення їх негативного впливу виконаний їх аналіз та визначені заходи по їх оптимізації, результати яких наведені нижче.

### 7.1.2 Мікроклімат робочої зони програміста

Мікроклімат виробничих приміщень з робочими місцями працівників з екранними пристроями має підтримуватись на постійному рівні та відповідати вимогам Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 42 (далі – ДСН 3.3.6.042-99)

Нормування параметрів проводиться в залежності від періоду року та категорії важкості виконуваних робіт. Для постійних робочих місць, якими є робочі місця програміста прикладного, встановлені оптимальні параметри мікроклімату, а за неможливості їх дотримання використовують допустимі параметри. Робота оператора ПК за енерговитратами відноситься до категорії легких робіт Іа, Іб. В таблиці 7.1. наведені оптимальні параметри мікроклімату в приміщеннях, де виконуються роботи операторського типу.

Таблиця 7.1 – Параметри мікроклімату для приміщень з ПК

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Період року | Параметр мікроклімату | Величина |
| Холодний | Температура повітря в приміщенні; відносна вологість; швидкість руху повітря | 22...24 0С; 40...60 %; до 0,1 м/с |
| Теплий | Температура повітря в приміщенні; відносна вологість; швидкість руху повітря | 23...25 0С; 40...60 % 0,1...0,2 м/с |

Виміряні за допомогою приладів температура та вологість у лабораторії відповідають вказаним у таблиці для теплого періоду року. Слід зазначити, що для нормалізації параметрів мікроклімату слід використовувати у приміщеннях кондиціювання повітря, або забезпечити подачу свіжого повітря системами вентиляції. Норми подачі свіжого повітря наведені у таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Норми подачі свіжого повітря в приміщення з ПК

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика приміщення | Об'ємна витрата свіжого повітря, що подається в приміщення, м3 на одну людину в годину |
| Об'єм до 20 м3 на людину  20...40 м3 на людину  Більше 40 м3 на людину | Не менше 30  Не менше 20  Може біти використана природна вентиляція |

Розташовані у приміщенні 3 ПК є 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 Іг.д, Вт/м2, яка встановлюється в залежності від площі опромінюваної поверхні тіла людини (Sопр). Нормовані рівні складають: Іг.д =35 Вт/м2 за Sопр > 50 %; Іг.д =70 Вт/м2 за Sопр ~ 25 – 50 %; Іг.д =100 Вт/м2 за Sопр < 25 %.

Інженерні (технічні) рішення з охорони праці

Розрахунок повітрообміну за надлишковим теплом у приміщенні де розташовано 3 робочих місця програмістів.

Для приміщень із надлишковим виділенням тепла кількість припливного повітря визначається за формулою:

****

L – кількість припливного повітря за одиницю часу, яке необхідно ввести в приміщення для поглинання надлишкового тепла, м3/год;

с – питома теплоємність повітря за незмінного тиску, що дорівнює

****

 - густина зовнішнього повітря, кг/м3. У нашому випадку вона дорівнює 1,226 кг/м3;

tвн і tзовн – відповідно, температура внутрішнього і зовнішнього (припливного) повітря, (температура припливного повітря в основному приймається на 5 – 10 0C нижче температури повітря в приміщенні), 0C. У нашому випадку tвн = 20 0C, tзовн = 15 0C.

Qнадл – надлишкове тепло, яке визначається різницею тепла, що надходить в приміщення (Qнадх) та втратами тепла з приміщення (Qвідх), ккал/год.

****

****

Q1 – надходження тепла від техніки, ккал/год;

****

860 – тепловий еквівалент, ккал/кВт;

k – коефіцієнт втрат (k = 1,1 – якщо обладнання встановлене у приміщенні);

N1 – потужність техніки;

n – кількість одиниць техніки;

Q1 = 860 х 1,1 х 150 х 3 = 425700 кал/год = 425,7 ккал/год.

Q2 – надходження тепла від світильників, ккал/год;

****

n – кількість світильників;

N2 – споживана потужність світильників, кВт;

k – коефіцієнт втрат (0.4 – 0.6 – для люмінісцентних ламп);

N2 = pп х S

N2 = 21,5 х 48 = 1,032 кВт;

S – площа приміщення, м2;

pп – питома потужність, Вт/м2. У нашому випадку дорівнює 21,5 Вт/м2

Q2 = 860 х 6 х 0,6 х 1,032 = 3195 ккал/год;

Q3 – надходження тепла від людей, ккал/год;

****

N – кількість працюючих;

Qлюд – надходження тепла від однієї людини. У нашому випадку тепловиділення – 151 Вт.

Q3 = 3 х 151 = 453 кал/год = 0,453 ккал/год.

Q4 – надходження тепла від сонячної радіації через вікна, ккал/год; (площа вікон для приміщень з ПК повинна складати не менше 20 % площі підлоги);

****

m – число вікон;

S – площа одного вікна, м2;

k – коефіцієнт, який враховує матеріал віконного переплетення;

k = 1,00 вікна металопластикові подвійні,

qскл. = l00 ккал/(м2 х год) – південний-схід, південний-захід;

Q4 = 2 х 3 х 1 х 100 = 600 ккал/год;

Qвідх – втрати тепла з приміщення через стіни, двері, вікна, ккал/год;

****

λ - теплопровідність стін, ккал/(год\*град\*м) (λ= 0.75 ккал/(год\*град\*м) для будівель з силікатної цегли);

S – площа стін, м2;

δ - товщина стін, м (δ= 0.25 м для будівель 1-шої групи).

Qвідх = 0,75 х 84 х (20 – 15) / 0,25 = 1260 ккал/год.

Отже,

Qнадх = 425,7 + 3195 + 0,453 + 600 = 4221,2 ккал/год.

Qнадл = 4221,2 – 1260 = 2961,2 ккал/год.

L = 2961,2 / [0,239 х 1,226 х (20 – 15)] = 2014,4 м3/год.

Кратність повітрообміну (частота повного оновлення повітря в приміщенні – 1/год)

K = L/V

де V – об’єм приміщення.

K = 2014,4 / 144 = 13,9 год-1

Вибір системи кондиціонування, її продуктивність вибирається на основі розрахунків необхідного повітрообміну L, м3/год, для кожного періоду року. Кількість повітря, заданих параметрів, яке необхідно подати в приміщення, визначається за кількістю тепла, вологи і шкідливих речовин, що виділяються в ньому. При одночасному виділенні в приміщення шкідливих речовин, тепла і вологи приймають найбільшу кількість повітря, яка одержана в розрахунках для кожного виду виробничих шкідливих виділень.

### 7.1.3 Освітлення робочого місця

Нормованим параметром природного освітлення згідно ДБН В.2.5-28:2018. «Природне і штучне освітлення» є коефіцієнт природного освітлення (КПО). КПО встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт. Робота програміста відноситься до робіт середньої точності (ІV розряд зорових робіт, мінімальний розмір об'єкту розрізнення складає 0,5 – 1,0 мм), для яких при використанні бокового освітлення КПО = 1,5 %. Для штучного освітлення нормованим параметром виступає Емін – мінімальний рівень освітленості, та Кп – коефіцієнт пульсації світлового потоку, який не повинний бути більшим ніж 20 %. Мінімальна освітленість встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт. Для ІV розряду зорових робіт вона складає 300 – 500 лк.

Нормування природного освітлення (табл. 7.3) проводиться згідно з ДБН В.2.5-28:2018. «Природне і штучне освітлення».

Таблиця 7.3. − Нормування природного освітлення

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Найменший розмір об'єкта роздільної здатності | Розряд зорової роботи | Коефіцієнт природного висвітлення при бічному освітленні |
| 0,26×0,25 | 5 | 0,6 |

Примітка: природне освітлення нормується в залежності від контрасту об'єкта з фоном і характеристики фона.

Нормування штучного освітлення (табл. 7.4.) здійснюється згідно ДБН В.2.5-28:2018. «Природне і штучне освітлення».

Таблиця 7.4. − Нормування штучного освітлення

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Найменший розмір об'єкта роздільної здатності | Розряд зорової роботи | Підрозряд | Контраст із фоном | Фон | Штучне висвітлення при комбінованому висвітленні |
| 0,26 – 0,25 | 5 | а | малий | темний | 300 |

У лабораторії знаходяться 3 робочих столи, які розміщені подалі від вікон і так, щоб вікна знаходилися збоку від працюючих і природне світло падало зліва. Джерелом природного освітлення є два вікна загальною площею 6 м2, на які встановлено склопакети фірми KBE Classica, а джерелом штучного освітлення є 6 світильників CSVT Universal38/opal/R-4. Зазначений світильник має наступні технічні характеристики: споживана потужність 38 Вт; колірна температура 4800 К; світловий потік СІД – 4360 Лм; світловий потік світильника – 3490 Лм; коефіцієнт потужності більш 0.9; індекс передачі кольору Ra понад 86; коефіцієнт пульсації менше 1 %; марка світлодіода CREE; кількість світлодіодів, шт 64; ступінь захисту IP 20; розміри світильника L (довжина) x B (ширина) x H (висота ), мм 595x595x55.

Переваги світлодіодних світильників: низьке енергоспоживання; відсутність витрат по обслуговуванню на весь термін експлуатації; високий світловий потік на 1 Вт споживаної потужності світильника; відсутність мерехтіння (коефіцієнт пульсації – менше 1 %); тривалий термін служби і надійність; електрична і екологічна безпека; миттєвий запуск (не вимагають часу на «розігрів»); безшумність під час роботи; швидка окупність за рахунок економії електроенергії і мінімальних витрат на експлуатацію.

Причинами виникнення небезпечних і шкідливих факторів є:

- відсутність чи недостатність природного освітлення;

- недостатня освітленість робочої зони;

- прямий чи відбитий блиск.

Причини виникнення вищевказаних факторів:

- відсутність чи недостатні розміри вікон;

- відсутність чи недостатня кількість світильників;

- недоліки освітлення і/або неправильне розташування дисплея.

Освітлення робочого місця працівника з екранними пристроями має створювати відповідний контраст між екраном і навколишнім середовищем (з урахуванням виду роботи) та відповідати вимогам ДСанПІН 3.3.2.007-98.

Найменший об'єкт розрізнення залежить від класу монітора. У нашому випадку використовується монітор LG 29UM59-P з найменшим розміром об'єкта розрізнення 0,273 мм.

Технічні характеристики монітора LG 29UM59-P: тип – ЖК-монітор, широкоформатний; діагональ – 29"; дозвіл – 2560x1080 (21:9); тип ЖК-матриці – TFT IPS; яскравість – 250 кд/м.кв.; максимальна кількість кольорів – 16777216 (24 біт); підсвічування – W-LED; час відгуку – 5 мс.; область огляду – по горизонталі –1780; по вертикалі – 1780; динамічна контрастність – 5000000: 1; статична контрастність – 1000: 1; крок точки по горизонталі – 0.263 мм.; мін. частота рядків – 30 кГц.; максимальна частота оновлення кадрів: 75 Гц.; покриття sRGB – 99 %; енергоспоживання – клас С. Відповідає стандартам: DDC 2B; Plug&Play; TCO''03 (стандарт безпеки); MPR-II (стандарт безпеки).

Монітор має матове покриття антивідблиску, що є позитивним фактором, тому що відблиски розпорошують увагу і прискорюють стомлюваність організму.

Найменшим об'єктом розрізнення на екрані монітора є крапка розміром 0,26×0,26 мм. Фон, з яким працює користувач, має чорний або білий, або синій колір, а колір символів коливається від чисто білого до чорного, включаючи всі можливі кольори, однак вибір залежить від працюючого на ЕОМ. Контраст і чіткість зображення можна регулювати, не втручаючись в програму, для чого необхідно скористатися регулюванням на моніторі.

У нашому випадку розмір зерна – 0,26 мм, що є досить непоганим показником. Цей параметр визначає якість картинки і, що дуже важливо – чіткість шрифтів. Якщо монітор «грубозернистий», то шрифти виглядатимуть розпливчастими і нечіткими, що неминуче спричинить високе навантаження на очі при читанні, а в перспективі – прогресуючу короткозорість.

При тривалій роботі з ПК можна отримати так званий КЗС – комп’ютерний зоровий синдром. Цей синдром супроводжується ріжучим болем очей, при цьому спостерігається їхнє почервоніння і сухість. Нерідко трапляються головні болі, особливо у людей, які багато працюють з набором тексту, з’являється швидка стомлюваність.

### 7.1.4 Вплив шуму на програміста

Як було вказано вище, в лабораторії знаходиться 3 робочих місця з ПК, кожне з яких устатковане монітором, вінчестером в системному блоці, трьома вентиляторами системи охолоджування ПК та клавіатурою. Крім того поряд працює периферійна техніка. Таким чином у приміщенні мають місце шуми механічного і аеродинамічного походження, широкосмугові із аперіодичним підсиленням при роботі принтерів. Допустимий еквівалентний рівень шуму для робочого місця програміста складає 50 дБА [12].

Відповідно до документації на використовувані периферійні пристрої, рівень шуму не перевищує 45 дБ, що відповідає нормам, тому спеціальних додаткових заходів по захисту від шуму застосовувати не потрібно.

Нормування визначається згідно ДБН В.1.1-31:2013. «Захист територій, будинків і споруд від шуму».

### 7.1.5 Виробничі випромінювання

Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань від монітору комп'ютера представлені в таблиці 7.5 Нормованим параметром невикористаного рентгенівського випромінювання виступає потужність експозиційної дози. На відстані 5 см від поверхні екрану монітору її рівень не повинен перевищувати 100 мкР/год. Максимальний рівень рентгенівського випромінювання на робочому місці програміста прикладного зазвичай не перевищує 20 мкР/год.

Таблиця 7.5 – Допустимі значення параметрів неіонізуючих електромагнітних випромінювань

|  |  |
| --- | --- |
| Найменування параметра | Допустимі значення |
| Напруженість електричної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору | 10 В/м |
| Напруженість магнітної складової електромагнітного поля на відстані 50 см від поверхні відеомонітору | 0,3 А/м |
| Напруженість електростатичного поля не повинна перевищувати:  для дорослих користувачів  для дітей дошкільних установ і що вчаться середніх спеціальних і вищих учбових закладів | 20 кВ/м  15 кВ/м |

На відстані 5 – 10 см від екрана і корпуса монітора рівні напруженості можуть досягати 140 В/м по електричній складовій, що значно перевищує допустимі значення.

### 7.1.6 Електробезпека. Статична електрика.

Приміщення лабораторії за небезпекою ураження електричним струмом можна віднести до 1 класу, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки (сухе, без пилу, з нормальною температурою повітря, ізольованими підлогами і малим числом заземлених приладів).

На робочому місці програміста з всього устаткування металевим є лише корпус системного блоку комп'ютера, але тут використовуються системні блоки, що відповідають стандартові фірми IBM, у яких крім робочої ізоляції передбачений елемент для заземлення і провід з жилою, що заземлює, для приєднання до джерела живлення.

Основні причини ураження людини електричним струмом на робочому місці:

- дотик до металевих не струмоведучих частин (корпусу, периферії комп'ютера), що можуть виявитися під напругою в результаті ушкодження ізоляції:

- нерегламентоване використання електричних приладів:

- відсутність інструктажу співробітників з правил електробезпеки.

На протязі роботи на корпусі комп'ютера накопичується статична електрика. На відстані 5 – 10 см від екрана напруженість електростатичного поля складає 60 – 280 кВ/м, тобто в 10 разів перевищує норму 20 кВ/м.

### 7.1.7 Важкість та напруженість праці

Оцінка напруженості праці здійснювалась на підставі обліку всіх наявних значущих показників, які можуть перевищувати нормативні рівні [38].

Розподіл функцій за ступенем складності завдання – належить до класу 2 (обробка, виконання завдання та його перевірка). Характер виконуваної роботи – належить до класу 2 (робота за встановленим графіком з можливим його коректуванням у ході діяльності). Навантаження на зоровий аналізатор (при відстані від очей працюючого до об'єкта розрізнення не більше 0,5 м), при тривалості зосередженого спостереження (% часу зміни) – належить до класу 2 (5,0 – 1,1 мм більше 50 % часу; 1,0 – 0,3 мм до 50 % часу; менше 0,3 мм до 25 %).

Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) – належить до класу 3.2 (більше 4 годин). Монотонність праці. Кількість елементів (прийомів, необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово) – належить до класу 3.1 (5 – 3 прийоми). Режим праці (фактична тривалість робочого дня (год.) – належить до класу 1 (6 – 7 годин). Наявність регламентованих перерв та їх тривалість – належить до класу 2 (перерви регламентовані, недостатньої тривалості: від 3 % до 7 % часу зміни). Отже робоче місце за показниками напруженості трудового процесу відноситься до класу 3.1 – Шкідливий (напружена праця).

Важкість праці. Оцінка важкості праці здійснюється на підставі обліку всіх наявних значущих показників. При цьому спочатку встановлюється класс кожного із вимірюваних показників, а кінцева оцінка важкості праці встановлюється за показником, який має найвищий ступінь важкості.

Стереотипні робочі рухи (кількість за зміну): при локальному навантаженні (за участю м'язів кистей та пальців рук) – належить до класу 1 (до 20000). При загальному навантаженні (при роботі з переважною участю м'язів рук та плечового поясу) – належить до класу 1 (до 10000). Робоча поза – належить до класу 2 (періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом) тулуба, незручним розташуванням кінцівок та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаєморозташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25 % часу зміни.) Нахили корпуса (вимушені, більше 30), кількість за зміну – належить до класу 1 (до 50). Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км: по горизонталі – належить до класу 1 (до 4). По вертикалі - належить до класу 1 (до 2). Отже робоче місце за показниками важкості трудового процесу відноситься до классу 2 – Допустимий, середнє фізичне навантаження.

## 7.2. Розробка заходів з охорони праці

Роботодавець зобов'язаний за необхідності проводити лабораторні дослідження умов праці працівників з метою виявлення шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу (зокрема щодо виявлення ризиків, пов'язаних із погіршенням зору, порушенням фізичного стану, стресом) та вживати заходів щодо усунення виявлених ризиків відповідно до статті 13 Закону України «Про охорону праці».

### 7.2.1 Ергономіка, технічна естетика та організація робочого місця

Організація робочого місця працівника з екранними пристроями має забезпечувати відповідність усіх елементів робочого місця та їх розташування ергономічним, антропологічним, психофізіологічним вимогам, а також характеру виконуваних робіт [4].

Конструкція робочого місця користувача відео терміналу забезпечує підтримання оптимальної робочої пози з такими ергономічними характеристиками: ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг; стегна – в горизонтальній площині; передпліччя – вертикально; лікті – під кутом 70º–90º, до вертикальної площини; зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20º, відносно горизонтальної площини, нахил голови – 150 – 200, відносно вертикальної площини.

Все вказане обладнання розміщується на основному робочому столі з лівого боку.

Висота робочої поверхні столу для відео терміналу 680 – 800 мм, а ширина – забезпечує можливість виконання операцій в зоні досяжності моторного поля. Розміри столу: висота – 725 мм, ширина – 600–1400 мм, глибина – 800 – 1000 мм. Робочий стіл для відео терміналу обладнаний підставкою для ніг шириною 400 мм з можливістю регулювання по висоті. Підставка має рифлену поверхню та бортик на передньому краї заввишки 10 мм.

Робоче сидіння користувача відео терміналу та персональної ПК має такі основні елементи: сидіння, спинку та знімні підлокітники. Робоче сидіння є підйомно-поворотним, регулюється за висотою, кутом нахилу сидіння та спинки. Поверхня сидіння є плоскою, передній край -заокруглений.

Екран відео термінала розташовуються на оптимальній відстані від очей користувача (800 мм).

Розташування екрану відео терміналу забезпечує зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом +300 від лінії зору працівника.

Клавіатура розміщена на спеціальній, регульованій за висотою, робочій поверхні окремо від столу на відстані 300 мм від краю, ближчого до працівника. Кут нахилу клавіатури складає 100.

Колір є найбільш ефективним засобом естетичного рівня виробничого інтер’єру. За допомогою кольору вирішуються питання: забезпечення психофізіологічного комфорту; емоційно-естетичний вплив на працівника.

На робочому місці стіни фарбують у світлий колір. Що сприяє працездатності працівника, зменшує втому очей.

Роботодавець повинен за рахунок тривалості робочої зміни організувати внутрішні регламентовані перерви для відпочинку відповідно до Державних санітарних правил і норм роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПІН 3.3.2.007-98, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 10 грудня 1998 року № 7 [4].

### 7.2.2 Нормалізація повітря робочої зони

Для створення й автоматичної підтримки в лабораторії незалежно від зовнішніх умов оптимальних значень температури, вологості, чистоти і швидкості руху повітря, у холодний час року використовується водяне опалення, у теплий час року застосовується кондиціонування повітря.

Приміщення обладнано кондиціонером TOSHIBA RAS-10SKVP2-E, що має наступні основні технічні характеристики:

Тип: настінна спліт-система

Режим роботи: охолодження/обігрів;

Рекомендована площа приміщення: 25 м²;

Циркуляція повітря: 684 м³ / год.;

Рівень шуму внутрішнього блоку, (min/max): 27 Дб / 37 Дб;

Споживана потужність, охолодження: 0.49 кВт;

Споживана потужність, обігрів: 0.63 кВт;

Клас енергоефективності, охолодження (EER): A 5.12 Вт / Вт;

Клас енергоефективності, обігрів (COP): A 5.1 Вт / Вт;

Обробка повітря: фільтр Toshiba IAQ; іонізатор повітря; плазмовий фільтр очищення повітря кондиціонерів Toshiba з іонами срібла.

Приміщення обладнане склопакетами KBE Classica, які приймають значну участь в регуляції мікрокліматичних показників. Характеристики склопакетів вказано нижче:

Кількість камер – 6 камер;

Товщина зовнішньої стінки – 2,8 мм;

Монтажна глибина – 70 мм;

Коефіцієнт опору теплопередачі – 0,87 м.кв. 0С / Вт;

Можливість установки склопакетів – до 38 мм;

стійкість до морозів – до ‒60 0С;

Екологічна рецептура greenline (без свинцю).

### 7.2.3 Виробниче освітлення

Під час аналізу освітлення на робочому місті програміста було встановлено, що воно відповідає встановленим нормам. Для підтримки запроектованого освітлення у чистому виді необхідно скласти графік, де передбачити очищення віконних блоків і світильників не менше 2 разів на рік.

Символи на екранних пристроях мають бути чіткими, відповідного розміру. Між символами і рядками символів має бути належна відстань.

Зображення на екрані має бути стабільним, без миготінь або інших видів нестабільності.

Яскравість та/або контрастність символів має легко регулюватися працівником під час роботи з екранними пристроями, а також швидко адаптуватися до навколишніх умов.

Вибираючи екрани, слід надавати перевагу таким екранам, які легко та вільно повертаються і нахиляються відповідно до потреби працівника.

За необхідності може використовуватись окрема підставка або регульований стіл для розміщення екрана.

Екран не має відблискувати або відбивати світло, щоб не викликати дискомфорту у працівника під час роботи з екранними пристроями.

Щодня перед початком роботи необхідно очищати екранні пристрої від пилу та інших забруднень.

### 7.2.4 Захист від виробничого шуму та вібрацій

Під час облаштування робочого місця працівника з екранними пристроями необхідно обирати таке устаткування, яке не створює зайвого шуму та не виділяє надлишкового тепла. Рівні шуму на робочих місцях осіб, які працюють з екранними пристроями, мають відповідати вимогам Санітарних норм виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99, затверджених постановою Головного державного санітарного лікаря України від 01 грудня 1999 року № 37 [4].

Як міри по зниженню шуму можна запропонувати:

- облицювання стелі і стін звукопоглинаючим матеріалом (знижують шум на 6-8 дб);

- екранування робочого місця (постановкою перегородок, діафрагм);

- установка в комп'ютерних приміщеннях устаткування, що робить

мінімальний шум;

- раціональне планування приміщення.

Для зменшення шуму в аналізованій лабораторії пропоную використовувати замість струйного принтера, що створює багато шуму, більш тихий – лазерний принтер.

Заходи та засоби захисту від вібрації за організаційною ознакою поділяються на колективні та індивідуальні. Колективні заходи та засоби віброзахисту можна розподілити за такими напрямами:

- зниження вібрації в джерелі її виникнення;

- зменшення параметрів вібрації на шляху її поширення від джерела;

- організаційно-технічні заходи;

- лікувально-профілактичні заходи.

Зменшення вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом застосування таких кінематичних та технологічних схем, які усувають чи мінімально знижують дію динамічних сил. Зменшення вібрації досягається також статичним та динамічним зрівноважуванням механізмів та об'єктів, що обертаються. Слід зазначити, що дія динамічних сил може посилитись унаслідок спрацювання окремих механізмів, появи зазорів та люфтів, поганого зчеплення деталей, що призводить до посилення вібрації. При проектуванні устаткування важливо передбачити недопущення резонансних режимів його роботи. Це досягається раціональним вибором маси та жорсткості коливальної системи або частоти змушувальної сили.

### 7.2.5 Захист від електромагнітних полів

Усе випромінювання, за винятком видимої частини електромагнітного спектра, має бути зведене до незначного рівня з погляду безпеки і охорони здоров'я працівників.

Для попередження впровадження небезпечної техніки всі дисплеї повинні бути сертифіковані та відповідати вимогам стандартів безпеки TCO’06.

### 7.2.6 Електробезпека

Електробезпеку у приміщенні лабораторії пропоную забезпечити наступними технічними способами і засобами захисту:

- для зменшення накопичення статичної електрики застосовувати зволожувачі і нейтралізатори, антистатичне покриття підлоги;

- забезпечити приєднання металевих корпусів устаткування до жили, що заземлює. Заземлення корпуса ПК забезпечити підведенням жили, що заземлює, до розеток. Опір заземлення 4 Ом, згідно (ПУЭ) для електроустановок з напругою до 1000 В.;

- для захисту приладів від перенавантажень та коротких замикань використовується запобіжник.

А також організаційними заходами:

* своєчасне проведення інструктажів з охорони праці;
* заборона використання непередбачених у лабораторії електричних приладів, таких як електричні чайники, обігрівачі;
* після закінчення роботи екранні пристрої слід відключати від електричної мережі;
* у разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити екранний пристрій від електричної мережі.

Не допускається:

* виконувати технічне обслуговування, ремонт і налагодження екранних пристроїв безпосередньо на робочому місці працівника під час роботи з екранними пристроями;
* відключати захисні пристрої, самочинно проводити зміни у конструкції та складі екранних пристроїв або їх технічне налагодження;
* працювати з екранними пристроями, у яких під час роботи виникають нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані та інші несправності.

## 7.3 Пожежна безпека

Ступінь вогнестійкості будинків приймається в залежності від їхнього призначення, категорії по вибухопожежній і пожежній небезпеці, по поверховості, площі поверху в межах пожежного відсіку згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» [39].

Будинок, у якому знаходиться лабораторія по пожежній небезпеці будівельних конструкцій відноситься до категорії K1 (малопожежонебезпечні), оскільки тут присутні займисті (книги, документи, меблі, оргтехніка і т.д.) і важкогорючі речовини (сейфи, різне устаткування і т.д.), що при взаємодії з вогнем можуть горіти без вибуху.

По конструктивних характеристиках будинок можна віднести до будинків з несучими і огороджуючими конструкціями із природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону, де для перекриттів допускається використання дерев'яних конструкцій, захищених штукатуркою або важкогорючими листовими, а також плитними матеріалами.

Отже, ступінь вогнестійкості будинку можна визначити як третю (III).

Приміщення лабораторії по функціональній пожежній небезпеці відноситься до класу Ф4.2 – вищі навчальні заклади, установи підвищення кваліфікації.

В лабораторії з робочим місцем програміста розміщені:

1. Схема (плани) евакуації у випадку пожарної ситуації

2. Табличка з номером пожежної служби

3. Наявність вогнегасника переносного закачаного ВП-2 ТУ У 29.2-31629167-001-2003 ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань».

### 7.3.1 Причини виникнення пожежі

Пожежа в лабораторії, може привести до дуже несприятливих наслідків (втрата коштовної інформації, псування майна, загибель людей і т.д.), тому необхідно: виявити й усунути всі причини виникнення пожежі; розробити план заходів для ліквідації пожежі в будинку; план евакуації людей з будинку.

Причинами виникнення пожежі можуть бути:

- несправності електропроводки, розеток і вимикачів які можуть привести до короткого замикання або пробою ізоляції;

- використання ушкоджених (несправних) електроприладів;

- використання в приміщенні електронагрівальних приладів з відкритими нагрівальними елементами;

- виникнення пожежі внаслідок влучення блискавки в будинок;

- загоряння будинку внаслідок зовнішніх впливів;

- неакуратне поводження з вогнем і недотримання мір пожежної безпеки.

### 7.3.2 Профілактика пожежі

Для профілактики пожежі надзвичайно важлива правильна оцінка пожежонебезпеки будинку, визначення небезпечних факторів і обґрунтування способів і засобів пожежопопередження і захисту.

Одне з умов забезпечення пожежобезпеки – ліквідація можливих джерел запалення.

У лабораторії джерелами запалення можуть бути:

- несправне електроустаткування, несправності в електропроводці, електричних розетках і вимикачах. Для виключення виникнення пожежі з цих причин необхідно вчасно виявляти й усувати несправності, проводити плановий огляд і вчасно усувати всі несправності;

- несправні електроприлади. Необхідні міри для виключення пожежі містять у собі своєчасний ремонт електроприладів, якісне виправлення поломок, не використання несправних електроприладів;

- обігрівання приміщення електронагрівальними приладами з відкритими нагрівальними елементами. Відкриті нагрівальні поверхні можуть спричинити пожежу, тому що в приміщенні знаходяться паперові документи і довідкова література у виді книг, посібників, а папір – легкозаймистий предмет. З метою профілактики пожежі пропоную не використовувати відкриті обігрівальні прилади в приміщенні лабораторії;

- коротке замикання в електропроводці. З метою зменшення імовірності виникнення пожежі внаслідок короткого замикання необхідно, щоб електропроводка була схованою.

- влучення в будинок блискавки. У літній період під час грози можливе влучення блискавки внаслідок чого можливий пожежа. Щоб уникнути цього я рекомендую установити на даху будинку блискавковідвід;

- недотримання мір пожежної безпеки і паління в приміщенні також може спричинити пожежу. Для усунення загоряння в результаті паління в приміщенні лабораторії пропоную категорично заборонити паління, а дозволити тільки в строго відведеному для цього місці.

З метою запобігання пожежі пропоную проводити з програмістами, що працюють у лабораторії, протипожежний інструктаж, на якому ознайомити працівників із правилами протипожежної безпеки, а також навчити використанню первинних засобів пожежогасіння.

У випадку виникнення пожежі необхідно відключити електроживлення, викликати по телефоні пожежну охорону, евакуювати людей із приміщення відповідно до плану евакуації, приведеному на малюнку 1 і приступити до ліквідації пожежі вогнегасниками. При наявності невеликого вогнища полум'я, можна скористатися підручними засобами з метою припинення доступу повітря до об'єкта загоряння.

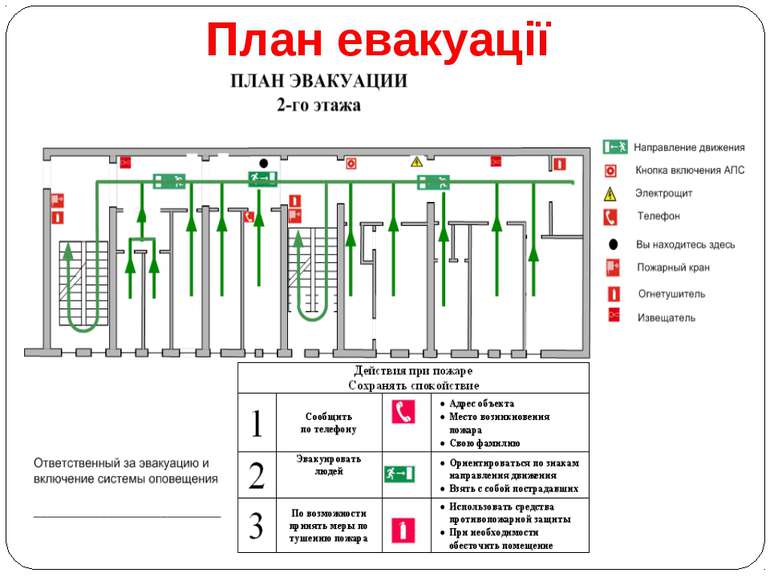


Рисунок 7.1 – План евакуації людей при пожежі

У даному розділі кваліфікаційної роботи було здійснено аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на програміста при розробці відповідного програмного комплексу.

В ході дослідження було проведено розрахунок повітрообміну за надлишковим теплом у приміщенні де розташовані робочі місця програмістів. За результатами цього розрахунку було визначено, що кратність повітрообміну (частота повного оновлення повітря в приміщенні – 1/год) повинна складати 13,9 год-1.Відповідний розрахунок надає нам можливість обрати оптимальну систему кондиціювання.

Дотримання умов, що визначають оптимальну організацію робочого місця, дозволить зберегти хорошу працездатність протягом всього робочого дня, підвищить як в кількісному, так і в якісному відносинах продуктивність праці програміста.

# ВИСНОВОК

Під час розробки системи обробки пластику було розглянута проблема, та можливі шляхи рішення, огляд існуючих систем кінцевої обробки, та також була спроектована своя система, яка автоматизує процес обробки, та відрізняється від існуючих рішень.

Спроектована система кінцевої обробки пластику являється автоматизованим рішенням контролю температури. Система керується завдяки віддаленому пульту керування, яким виступає смартфон на операційній системи Android, із спеціально розробленим додатком. Система розроблена на основі мікроконтролеру ESP32, котрий приймає значення з датчика температури, та на основі цих даних генерує сигнал за допомогою широтно-імпульсної модуляції, який керує силою струму що протікає через нагрівач, тим самим підтримуючи необхідну для кипіння ацетону температуру в 56 ℃ .

Додаток до операційної системи Android було створено за допомогою кросплатформового фреймворку – Qt , на мові програмування C++. Qt надає велику кількість бібліотек з класами та функціями які допомагають у створені програмного забезпечення, за значно скорочує час розробки. Оскільки Qt є кросплатформовим рішенням, то він надає можливість використовувати вище описаний додаток не тільки на операційній системи Android, але й на багатьох інших, таких як : Linux, Windows, macOS, iOS.

# СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Документація щодо користування інструментами Qt [Електронний ресурс] – URL: <https://doc.qt.io>
2. Стаття на тему пост обробки пластикових 3D-моделей [Електронний ресурс] – URL: <https://3dpt.ru/page/postprocess>
3. Сізов В.Д. , Сороквашин С.В. Основи 3D-друку електронний посібник - Дніпропетровський центр професійно-технічної освіти державної служби зайнятості. [Електронний ресурс] – URL: <http://cpto.dp.ua/public_html/posibnyky/osnovy_3d.pdf>
4. Стаття на тему мікроконтролеру ESP32 [Електронний ресурс] – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ESP32>
5. Стаття на тему дії ПІД-регулятора, та його налаштування [Електронний ресурс] – URL: <http://mypractic.ru/urok-40-pid-regulyator-princip-dejstviya-matematicheskoe-opisanie-nastrojka.html>
6. Козлов М.К. Охрана труда. − М.: Мир, 1992.
7. Іванов П.С. Безпека життєдіяльності, − К.: Вища школа, 1989.
8. Методичні вказівки до дипломного проектування для студентів напряму 6.050201 – системна інженерія. / Укл. Ю.М. Бастріков, С.А. Положаєнко, Л.І. Протасова. – Одеса: Наука і техніка, 2012. – 48 с.