

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

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Комп'ютеризована система контролю за умовами виготовлення
протезів в зуботехнічній лабораторії*

Виконав: студент 4 курсу, групи СІ-41
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Бідун С.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Луцик Н.С.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тини Є.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«27» січня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студента Бідун Соломії Мирославівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система контролю за умовами виготовлення протезів в зуботехнічній лабораторії

Керівник роботи Луцик Надія Степанівна, к.т.н., доцент кафедри КС
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 27 » січня 2025 року № 4/7-53

2. Термін подання студентом завершеної роботи 16.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз технічного завдання

2. Проєктна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки

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

1. Загальна архітектура системи

2. Схема електрична принципова

3. Блок-схема алгоритму роботи Arduino UNO

4. Блок-схема алгоритму роботи ESP32-CAM

5. Результати роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Пилипець М.І., д.т.н., професор</i>		

7. Дата видачі завдання 27.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка технічного завдання</i>	<i>27.01 – 02.02</i>	<i>Викон.</i>
2.	<i>Робота над розділом «Аналіз технічного завдання»</i>	<i>02.02 – 09.02</i>	<i>Викон.</i>
3.	<i>Розробка архітектури системи</i>	<i>10.02 – 12.02</i>	<i>Викон.</i>
4.	<i>Вибір апаратного забезпечення</i>	<i>13.02 – 20.02</i>	<i>Викон.</i>
5.	<i>Вибір програмного забезпечення</i>	<i>21.02 – 28.02</i>	<i>Викон.</i>
6.	<i>Розробка алгоритму роботи системи</i>	<i>29.02 – 04.02</i>	<i>Викон.</i>
7.	<i>Розробка прототипу та налаштування системи</i>	<i>05.03 – 05.04</i>	<i>Викон.</i>
8.	<i>Налаштування і тестування системи контролю</i>	<i>06.04 – 06.05</i>	<i>Викон.</i>
9.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>07.05 – 14.05</i>	<i>Викон.</i>
10.	<i>Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу</i>	<i>14.05 – 08.06</i>	<i>Викон.</i>
11.	<i>Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами</i>	<i>9.06. – 15.06</i>	<i>Викон.</i>
12.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>16.06 – 22.06</i>	<i>Викон.</i>
13.	<i>Захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>23.06</i>	<i>Викон.</i>

Студент

(підпис)

Бідун С.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Луцик Н.С.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бідун С.М. Комп'ютеризована система контролю за умовами виготовлення протезів в зуботехнічній лабораторії: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра: спец. 123 – комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025.

Ключові слова: комп'ютеризована система, мікроклімат, моніторинг, мікроконтролер, відеоспостереження, апаратне забезпечення.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці комп'ютеризованої системи контролю умов виготовлення зубних протезів у зуботехнічній лабораторії.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів.

У першому розділі проведено аналіз сучасних вимог до умов виготовлення зубних протезів, обґрунтовано актуальність теми та визначено доцільність використання засобів автоматизованого контролю параметрів середовища в зуботехнічній лабораторії.

У другому розділі розроблено архітектуру комп'ютеризованої системи контролю. Наведено обґрунтування вибору апаратного й програмного забезпечення, описано алгоритм роботи системи.

У третьому розділі детально описано процес реалізації проєкту: від налаштування апаратного до створення та завантаження програмного забезпечення. Проведено тестування системи в умовах реальної зуботехнічної лабораторії та отримано результати, що підтверджують її ефективність.

У четвертому розділі розглянуті питання безпеки життєдіяльності та охорони праці.

ANNOTATION

Bidun S.M. Computerized system for controlling the conditions of prosthesis manufacturing in a dental laboratory: Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 – computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

Keywords: computerized system, microclimate, monitoring, microcontroller, video surveillance, hardware.

This qualification work is dedicated to the development of a computerized system for monitoring the environmental conditions involved in the fabrication of dental prostheses in a dental laboratory.

The explanatory report consists of four chapters.

The first chapter analyzes modern requirements for the conditions of denture production, substantiates the relevance of the topic, and justifies the feasibility of using automated tools for monitoring environmental parameters in a dental laboratory.

The second chapter presents the architecture of the computerized monitoring system. It includes a justification for the choice of hardware and software components, and a detailed description of the system's operational algorithm.

The third section describes the project implementation process in detail: from hardware configuration to software creation and loading. The system was tested in a real dental laboratory and the results confirmed its effectiveness.

The fourth chapter addresses occupational safety and health issues.

ЗМІСТ

ВСТУП 9

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ 10

1.1 Аналіз проблеми та обґрунтування необхідності контролю умов виготовлення зубних протезів 10

1.2 Аналіз вимог до комп'ютеризованої системи контролю умов у зуботехнічній лабораторії 12

1.3 Аналіз можливих рішень та технологій контролю за умовами виготовлення 16

1.4 Постановка задачі кваліфікаційної роботи 18

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА 20

2.1 Розробка загальної структури комп'ютеризованої системи контролю ... 20

2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення 22

2.3 Обґрунтування вибору програмного забезпечення 25

2.4 Алгоритм роботи системи 27

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА 31

3.1 Реалізація проєктних рішень 31

3.2 Тестування розробленої системи 36

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.. 43

4.1 Працездатність людини – оператора 43

4.2 Вимоги ергономіки до організації робочого місця оператора ПК 46

ВИСНОВКИ 50

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Бідун С.М.			Комп'ютеризована система контролю за умовами виготовлення протезів в зуботехнічній лабораторії			Літ.	Арк.	Аркуші	
Перевір.		Луцук Н.С								6	
Реценз.								ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41			
Н. Контр.		Тиш Є.В.									
Затверд.		Осухівська Г.М.									

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....51

Додаток А Технічне завдання

Додаток Б Перелік елементів

Додаток В Лістинг коду програми

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

CPU – Central Processing Unit

USB – Universal Serial Bus

ПК – Персональний комп'ютер

IoT – Інтернет речей

IDE – Integrated Drive Electronics

URL - Uniform Resource Locator

					<i>КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасних умовах стрімкого розвитку цифрових технологій зростає актуальність впровадження автоматизованих систем у сферу медицини та зуботехнічного виробництва. Одним із ключових аспектів при виготовленні зубних протезів є дотримання оптимальних параметрів мікроклімату - температури та вологості. Порушення цих умов може негативно впливати на якість готових виробів і знижувати ефективність технологічного процесу.

Кваліфікаційна робота присвячена створенню комп'ютеризованої системи контролю за умовами виготовлення зубних протезів у зуботехнічній лабораторії. Запропоноване рішення базується на використанні мікроконтролера Arduino UNO для збору даних з датчика температури та вологості DHT11, а також плати ESP32-CAM для організації відеоспостереження й передачі даних через Wi-Fi. Система дозволяє здійснювати моніторинг у реальному часі, своєчасно реагувати на відхилення від встановлених норм і забезпечувати дистанційний контроль середовища.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно проаналізувати вимоги до умов виготовлення зубних протезів та обґрунтувати доцільність їх моніторингу, підібрати оптимальне апаратне й програмне забезпечення, розробити архітектуру системи та алгоритм її функціонування. Апаратна частина проєкту буде реалізована на основі мікроконтролера Arduino UNO, плати ESP32-CAM та відповідних модулів. Також передбачено створення програмного забезпечення для збору, опрацювання та передачі даних. Завершальним етапом стане тестування системи в умовах реальної зуботехнічної лабораторії з подальшим аналізом отриманих результатів.

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз проблеми та обґрунтування необхідності контролю умов виготовлення зубних протезів

Сучасна стоматологія та зуботехнічне виробництво відіграють важливу роль у забезпеченні якості життя пацієнтів, які потребують протезування. Успішність протезування безпосередньо залежить не лише від кваліфікації лікаря-стоматолога, але й від точності, технологічності та якості виготовлення самих протезів у зуботехнічній лабораторії. Відсутність належного контролю за умовами виготовлення може призводити до низької якості виробів, порушення технологічних процесів, збільшення кількості дефектів, а в окремих випадках – навіть до надзвичайних ситуацій та загрози здоров'ю пацієнтів.

На практиці зуботехнічні лабораторії стикаються з низкою проблем, які негативно впливають на якість виготовлення зубних протезів та загальну ефективність роботи. Серед основних викликів можна виокремити:

- відсутність централізованого контролю за дотриманням оптимальних умов (температури та вологості повітря) на різних етапах технологічного процесу;
- складність у виявленні людського чинника - недотримання часових рамок, неправильне поводження з матеріалами або невчасне виконання певних процедур;
- недостатній рівень реєстрації параметрів середовища, що унеможлиблює відтворення повної картини процесу у разі виникнення дефектів чи скарг від клієнтів;

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Бідун С.М.			Аналіз технічного завдання		
Перевір.		Луцик Н.С.					
Реценз.							
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						10	
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		

– відсутність можливості дистанційного моніторингу мікроклімату приміщень, що знижує контроль з боку керівництва;

– складність у контролі параметрів в окремих зонах або важкодоступних місцях, де ручне вимірювання або регулярна перевірка утруднені через просторові чи гігієнічні обмеження.

У контексті цифровізації виробничих процесів дедалі актуальнішим стає впровадження комп'ютеризованих систем контролю за умовами виготовлення, які здатні забезпечити безперервний автоматизований моніторинг параметрів навколишнього середовища. Такі системи дозволяють:

– здійснювати постійний контроль температури та відносної вологості повітря, у режимі реального часу;

– зберігати історію змін параметрів для подальшого аналізу, формування звітів або внутрішнього аудиту;

– виявляти відхилення від встановлених норм та оперативно сповіщати персонал про потенційні загрози якості;

– забезпечити відповідність умов виготовлення технологічним вимогам для різних типів матеріалів і виробів;

– оптимізувати енергоспоживання та зменшити втрати, пов'язані з помилками в умовах зберігання чи обробки.

У таких системах додатково можуть застосовуватись засоби відеоспостереження як допоміжний інструмент для візуального моніторингу, фіксації дій персоналу або архівування критичних етапів роботи. Особливо ефективним є використання компактних мікроконтролерів, які забезпечують одночасну підтримку сенсорів для контролю параметрів середовища та камер, що дозволяє створити гнучку і масштабовану комп'ютеризовану систему навіть за умов обмеженого бюджету.

Таким чином, на сьогодні існує об'єктивна потреба у впровадженні комп'ютеризованої системи контролю за умовами виготовлення зубних протезів. Це обумовлено як високими вимогами до якості готової продукції,

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

так і зростаючою складністю технологічних процесів у зуботехнічних лабораторіях. Навіть незначні коливання температури або вологості під час обробки матеріалів можуть призвести до деформації, порушення точності посадки або втрати механічних властивостей майбутнього протезу. У той же час відсутність централізованого збору даних унеможливорює системний аналіз причин браку чи рекламаций.

Крім того, ручний контроль за дотриманням умов є неефективним і схильним до помилок через людський фактор - технік може не зауважити зміни мікроклімату або неправильно оцінити ситуацію. Особливо це актуально у випадках, коли в лабораторії виготовляється кілька протезів одночасно, кожен з яких має свої особливості у вимогах до умов обробки. Саме тому автоматизований моніторинг із використанням відповідних сенсорів і програмного забезпечення здатен забезпечити стабільність умов, безперервний контроль та своєчасне реагування на відхилення.

Запровадження такої системи дозволить не лише підвищити якість продукції, але й оптимізувати внутрішні процеси, мінімізувати вплив людського фактора, підвищити прозорість на кожному етапі виготовлення та покращити безпеку і документованість усіх операцій у лабораторії [1].

У межах цієї кваліфікаційної роботи буде спроектовано, реалізовано та протестовано прототип такої системи з використанням сучасних засобів мікроелектроніки та програмного забезпечення.

1.2 Аналіз вимог до комп'ютеризованої системи контролю умов у зуботехнічній лабораторії

Зуботехнічна лабораторія є критично важливою ланкою у процесі виготовлення стоматологічних протезів. Якість кінцевої продукції залежить не лише від професіоналізму техніків, але й від точного дотримання режимів обробки, температурних і вологісних умов, особливо під час роботи з

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

матеріалами, чутливими до зовнішнього середовища. У зв'язку з цим виникає потреба у впровадженні комп'ютеризованої системи моніторингу параметрів мікроклімату, яка дозволила б виявляти відхилення у реальному часі, попереджати персонал про небезпечні зміни умов, а також зберігати зібрані дані для подальшого аналізу або оптимізації процесу [2].

У зуботехнічних лабораторіях контроль мікроклімату є критично важливим, оскільки такі матеріали, як гіпс, пластмаси, смоли, кераміка мають вологозалежні та температурозалежні характеристики, що безпосередньо впливають на якість та точність виробництва протезів.

Особливості впливу температури та вологості на матеріали представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Особливості впливу на матеріали

Матеріал	Вплив
Гіпс (моделювальні форми)	Дуже чутливий до вологості. Надмірна вологість уповільнює твердіння, знижує міцність, недостатня – пришвидшує висихання, спричиняє тріщини.
Акрилові смоли та пластмаси	Температура впливає на полімеризацію. Висока температура прискорює, але може спричинити деформацію форм, низька – уповільнює полімеризацію або робить її неповною.
Віск	Чутливий до температур. При температурі більшій 26 °С розм'якшується і втрачає стабільність, що погіршує точність при моделюванні.
Кераміка	У процесі пресування або випалу важливо, щоб цього матеріали перебували в стабільному середовищі, щоб уникнути напружень через поглинання води.

Згідно з українськими та міжнародними санітарно-гігієнічними нормами, для зуботехнічних лабораторій рекомендовано дотримуватись таких показників [3-5]:

- температура повітря – у холодну пору року 21-24 °С, у теплу – 22-25 °С. Вища температура може викликати деформацію воскових моделей та вплинути на час полімеризації смол;
- відносна вологість повітря – 40-60 %. Занадто сухе повітря (менше

30 %) призводить до усадки гіпсових моделей, а надмірна вологість сприяє поверхневому набухання матеріалів, утворенню конденсату на інструментах і грибковому ураженню форм.

На відміну від промислових або побутових рішень, система контролю мікроклімату в зуботехнічній лабораторії має свої специфічні вимоги. Середовище лабораторії характеризується наявністю пилу, вібрацій, підвищених температур поблизу печей, а також вологи, що вимагає ретельного підбору сенсорів і захищених корпусів для апаратного забезпечення. Важливу роль відіграє компактність та енергоефективність пристроїв, адже робочі місця техніків часто мають обмежений простір, а живлення від мережі не завжди зручне.

Система моніторингу умов повинна не лише контролювати параметри навколишнього середовища, але й фіксувати їх в реальному часі, накопичувати дані, забезпечувати можливість онлайн-нагляду або дистанційного сповіщення, а також згодом інтегруватися з іншими цифровими рішеннями лабораторії (наприклад, системами обліку замовлень або автоматизації технологічних процесів) [6].

Функціональні вимоги визначають, що саме повинна виконувати система та яким чином. Ключові функціональні вимоги до комп'ютеризованої системи контролю умов у зуботехнічній лабораторії включають:

- моніторинг температури та вологості у критичних зонах лабораторії (робочі місця, сушильні або полімеризаційні камери тощо);
- збереження даних у локальній пам'яті або на сервері для подальшого аналізу;
- можливість візуалізації поточних і історичних даних через веб-інтерфейс або мобільний додаток;
- налаштування допустимих діапазонів параметрів та автоматичне повідомлення у разі їх порушення;
- підключення до локальної Wi-Fi мережі для бездротової передачі

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

даних;

- автоматичний запуск системи при включенні живлення або за заданим розкладом;
- можливість роботи в автономному режимі при втраті зв'язку з мережею.

Нефункціональні вимоги визначають обмеження та критерії якості, які повинна задовольняти система. До основних належать:

- компактні розміри сенсорних модулів для легкого розміщення у робочих зонах;
- низьке енергоспоживання для можливості автономної роботи;
- висока стабільність та надійність в умовах тривалого використання;
- простота монтажу та налаштування, що не потребує спеціальних знань;
- захищеність сенсорів від пилу, вологи та підвищеної температури;
- низька вартість компонентів для доступності навіть для невеликих лабораторій;
- масштабованість - можливість додавання нових сенсорів або розширення системи;
- відповідність стандартам безпеки та конфіденційності.

Таким чином, правильне визначення вимог до комп'ютеризованої системи контролю умов дає змогу розробити рішення, яке відповідатиме реальним викликам лабораторного середовища, підвищуючи якість, безпечність і ефективність виготовлення зубних протезів.

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Аналіз можливих рішень та технологій контролю за умовами виготовлення

Для забезпечення стабільної якості виготовлення зубних протезів у лабораторних умовах необхідно дотримуватись чітких параметрів навколишнього середовища – таких як температура та вологість. Коливання цих параметрів можуть негативно вплинути на властивості матеріалів, процеси полімеризації, сушіння, пресування та інші технологічні етапи. Саме тому актуальним є впровадження комп'ютеризованої системи моніторингу мікрокліматичних умов, яка дозволяє у режимі реального часу виявляти відхилення та запобігати потенційним технологічним порушенням [7].

На відміну від систем відеоспостереження, які фіксують візуальну інформацію, системи контролю умов базуються на мережі сенсорів – температурних, вологісних – та відповідних обчислювальних модулях, які здійснюють збір, опрацювання, зберігання і візуалізацію даних. Такі системи можуть працювати як автономно, так і бути інтегрованими в загальну цифрову інфраструктуру лабораторії.

Базова структура комп'ютеризованої системи контролю за умовами виготовлення зубних протезів включає такі основні компоненти:

- сенсори температури та відносної вологості повітря, встановлені в ключових зонах лабораторії;
- мікроконтролери або мікрокомп'ютери, що здійснюють попереднє опрацювання сигналів від сенсорів;
- сервер або хмарне сховище, для централізованого збереження та аналізу даних;
- користувацький інтерфейс (веб-додаток або мобільний застосунок) для відображення інформації, історії змін та керування параметрами.

					<i>КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У таблиці 1.2 представлено порівняння платформ, які використовуються для реалізації системи моніторингу середовища у зуботехнічних лабораторіях.

Таблиця 1.2 – Порівняння популярних платформ для реалізації системи моніторингу мікроклімату в зуботехнічній лабораторії

Платформа	Переваги	Недоліки
ESP32	– Низьке енергоспоживання – Вбудований Wi-Fi та Bluetooth – Низька вартість – Підтримка багатьох сенсорів – Компактні розміри	– Обмежені ресурси пам'яті для складних алгоритмів
Raspberry Pi 4	– Повноцінний Linux – Підтримка камер, дисплеїв – Можливість запуску локального веб-сервера – Підходить для IoT-хабів	– Вища вартість – Більше енергоспоживання – Потребує живлення 5V 3A – Чутливий до збоїв живлення
STM32	– Наднизьке енергоспоживання – Надійність у реальному часі – Підходить для критичних додатків	– Складне налаштування – Обмежена документація українською – Менше готових бібліотек
Arduino UNO	– Простота використання – Велика спільнота – Багато прикладів та бібліотек – Добре для навчальних проектів	– Відсутність Wi-Fi (на базових моделях) – Обмежена обчислювальна потужність – Не оптимально для багатозонного моніторингу

Вибір апаратної платформи залежить від складності завдання, масштабу моніторингу та бюджету. Для бюджетної та компактної системи найдоцільнішим є використання ESP32-CAM та Arduino UNO з сенсором DHT11 (температура і відносна вологість повітря), що забезпечить достатню точність і простоту в інтеграції.

Зібрані дані можуть зберігатись у внутрішній пам'яті пристрою, надсилатись на локальний сервер або вивантажуватись у хмарне середовище (наприклад, Google Firebase, InfluxDB). Для візуалізації параметрів можна використовувати інструменти на зразок Grafana або створити власний веб-інтерфейс із системою попереджень.

У перспективі систему можна доповнити елементами аналітики: наприклад, визначати закономірності зміни параметрів у часі, прогнозувати несприятливі умови або інтегрувати з графіком виконання замовлень (наприклад, зниження вологості до заданого рівня перед запуском процесу полімеризації). Такі розширення можуть реалізовуватись на базі Python або JavaScript з використанням бібліотек для роботи з часовими рядами (Pandas, SciPy, TensorFlow Lite тощо).

Таким чином, впровадження комп'ютеризованої системи контролю умов у зуботехнічній лабораторії дозволяє підвищити надійність і передбачуваність процесів виготовлення, своєчасно виявляти відхилення, мінімізувати вплив людського фактора та забезпечити якісну документацію технологічних режимів.

1.4 Постановка задачі кваліфікаційної роботи

Сучасна комп'ютеризована система контролю за умовами виготовлення зубних протезів повинна відповідати актуальним вимогам до ефективності та надійності технологічного процесу. Така система має забезпечувати високоточний моніторинг ключових параметрів середовища (температури та вологості), а також фіксувати етапи виготовлення виробів із можливістю подальшого аналізу. Важливою є наявність інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу, який дозволяє техніку-оператору легко взаємодіяти з системою без потреби у спеціальній підготовці. Крім того, система повинна працювати стабільно та безперервно упродовж усього виробничого циклу, забезпечуючи збереження та обробку зібраних даних у реальному часі. Це, в свою чергу, сприятиме підвищенню якості виготовлення протезів, мінімізації людського фактора та стандартизації умов праці в зуботехнічній лабораторії.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є розробка прототипу комп'ютеризованої системи спостереження за умовами виготовлення протезів

					<i>КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у зуботехнічній лабораторії, що дозволяє підвищити ефективність контролю за дотриманням технологічних процесів та забезпечити базовий рівень автоматичного аналізу дій працівників.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі основні задачі:

- провести аналіз предметної області, вивчити особливості роботи зуботехнічної лабораторії, критичні точки виробничого процесу, які підлягають контролю;
- дослідити сучасні технічні та програмні рішення в галузі контролю за умовами виготовлення зубних протезів;
- обґрунтувати вибір архітектури системи, включаючи апаратне забезпечення та програмні компоненти;
- розробити програмне забезпечення системи, яке реалізує збір та аналіз інформації про умови в приміщенні зуботехнічної лабораторії;
- здійснити тестування системи в реальних умовах, з метою перевірки її працездатності, точності розпізнавання та швидкодії;
- оцінити ефективність створеної системи, визначити її переваги, обмеження, а також можливості подальшого розширення функціоналу (наприклад, інтеграція з системами оповіщення, хмарне зберігання, підвищення точності моделі штучного інтелекту).

Виконання зазначених завдань дозволить створити прототип комп'ютеризованої системи, здатної автоматично здійснювати базовий моніторинг умов виготовлення протезів у зуботехнічній лабораторії, підвищуючи безпеку праці, контроль якості та технологічну дисципліну.

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка загальної структури комп'ютеризованої системи контролю

Комп'ютеризована система контролю за умовами виготовлення зубних протезів у лабораторії побудована на основі бюджетних, проте достатньо функціональних апаратних засобів. Основу системи становить мікроконтролер Arduino UNO, який виконує функцію зчитування показників температури та відносної вологості повітря за допомогою підключеного сенсора DHT11. Таке рішення є простим у реалізації та забезпечує надійний контроль мікрокліматичних умов у зоні виготовлення зубних протезів [8].

Крім цього, до системи інтегровано модуль ESP32-CAM, який використовується виключно як засіб візуального моніторингу. На цей модуль заздалегідь було завантажено прошивку для запуску вбудованого веб-сервера відеоспостереження. Завдяки використанню плати ESP32-CAM-MB, процес прошивки та підключення значно спростився, оскільки вона має вбудований USB-UART перетворювач.

У фінальній конфігурації система містить такі основні компоненти:

- Arduino UNO - центральний мікроконтролер для збору даних з сенсора DHT11;
- DHT11 - сенсор температури та вологості, що забезпечує періодичні вимірювання умов навколишнього середовища;
- ESP32-CAM - окремий модуль для відеоспостереження, який транслює зображення в реальному часі через локальну Wi-Fi-мережу;
- веб-інтерфейс - забезпечує віддалений перегляд температури, вологості та відеопотоку з ESP32-CAM;

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Бідун С.М.			Проектна частина		
Перевір.		Луцик Н.С.					
Реценз.							
Н. Контр.		Тиш Є.В.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					Лім.	Арк.	Аркушів
						20	
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		

– програмна логіка - що містить просту систему оповіщення у разі виявлення перевищення встановлених порогових значень.

Запропонована схема загальної архітектури комп'ютеризованої системи контролю зображена на рисунку 2.1.

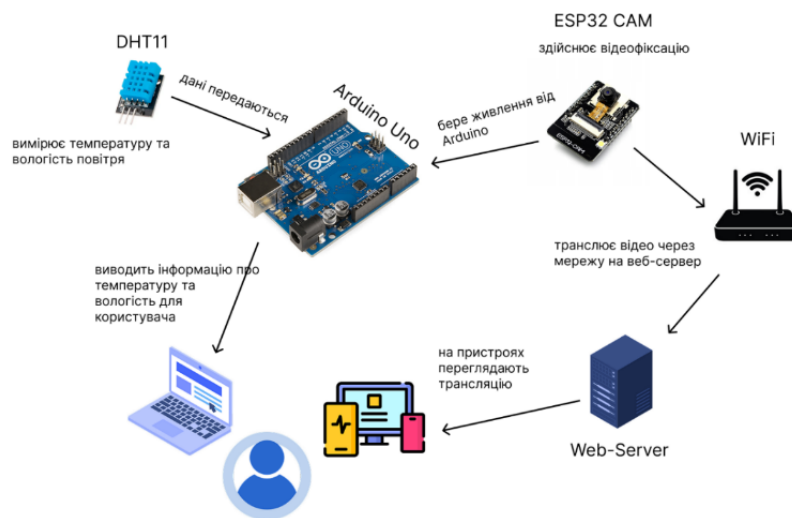


Рисунок 2.1 – Схема загальної архітектури комп'ютерної системи

Поточна система орієнтована передусім на збір і контроль параметрів мікроклімату, оскільки саме температура та вологість мають критичне значення для стабільності матеріалів у зуботехнічному виробництві. Наприклад, в умовах надмірної вологості (понад 60%) може змінюватися структура гіпсових мас або полімерів, а температура понад 26 °C потенційно впливає на точність формування та затвердіння матеріалів. Водночас низька вологість (менше 40%) здатна спричинити передчасне висихання або мікротріщини у формувальних масах [9].

Інтеграція відеомодуля ESP32-CAM має допоміжний характер: вона дозволяє візуально переконатися в наявності або відсутності персоналу, слідкувати за загальним станом робочої зони, або забезпечувати фотофіксацію умов виготовлення, але не є ключовим елементом контролю якості.

Така архітектура дозволяє гнучко масштабувати систему за

потреби - додавати нові сенсори, створювати журнал подій, формувати графіки змін та впроваджувати просту аналітику. Основними перевагами обраного підходу є низька вартість, простота реалізації, а також можливість адаптації під конкретні умови лабораторії без потреби у складних програмних чи апаратних рішеннях.

2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення

Для побудови комп'ютеризованої системи контролю умов виготовлення зубних протезів у лабораторії було обрано поєднання двох апаратних платформ - Arduino UNO та ESP32-CAM. Така конфігурація забезпечує розподіл функцій: Arduino відповідає за вимірювання температури та вологості, тоді як ESP32-CAM виконує роль бездротового відеомодуля, який транслює зображення з робочої зони.

Arduino UNO було обрано як базовий мікроконтролер завдяки його простоті, надійності та широкій підтримці в розробницькому середовищі. До плати підключено сенсор DHT11, який дозволяє здійснювати періодичні вимірювання температури та відносної вологості повітря - ключових параметрів, що безпосередньо впливають на якість виготовлення зубних протезів. Arduino UNO забезпечує стабільне зчитування даних з сенсора та можливість обробки або передачі цих показників у реальному часі [10].

Відеомоніторинг реалізується за допомогою модуля ESP32-CAM, який має вбудовану камеру OV2640 з роздільною здатністю 2 мегапікселі та підтримує бездротові інтерфейси Wi-Fi і Bluetooth. Такий вибір дозволяє організувати трансляцію відео в реальному часі без потреби в прокладанні додаткових дротів. Зображення передається через локальну мережу на браузер або інший пристрій, що дає змогу візуально контролювати ситуацію у приміщенні лабораторії.

Для зручності налаштування та живлення ESP32-CAM було

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

використано адаптер ESP32-CAM-MB на базі чіпа CH340. Цей модуль виконує функцію USB-UART перетворювача, що суттєво спрощує завантаження прошивки на ESP32-CAM через Arduino IDE, а також дозволяє легко підключити живлення через стандартний microUSB-порт.

До ключових причин вибору такої конфігурації належать:

- функціональний розподіл задач: Arduino UNO забезпечує вимірювання параметрів мікроклімату, а ESP32-CAM - відеоспостереження;
- простота реалізації та модульність: рішення легко масштабувати, доповнюючи іншими сенсорами або ESP-модулями;
- використання перевірених компонентів: усі елементи мають добру сумісність, документацію та підтримку спільноти;
- мобільність: обидві плати можуть живитися від павербанка, що дозволяє використовувати систему навіть у разі відсутності постійного джерела живлення;
- низька вартість: усі компоненти є доступними, що важливо в умовах обмеженого бюджету навчального або прототипного проєкту.

Таким чином, поєднання Arduino UNO з сенсором DHT11 і модуля ESP32-CAM з адаптером ESP32-CAM-MB дозволяє реалізувати ефективну, просту та недорогу систему моніторингу лабораторного середовища з можливістю візуального контролю та фіксації важливих умов виготовлення.

Технічні характеристики платформи Arduino UNO подані у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики платформи Arduino UNO

Основні критерії	Значення
Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5В
Напруга живлення (рекомендована)	7-12В
Напруга живлення (гранична)	6-20В
Цифрові входи / виходи	14 (з них 6 в якості ШІМ-виходів)
Аналогові входи	6
Максимальний струм одного виведення	40мА
Максимальний вихідний струм виводу 3.3V	50мА
Flash-пам'ять	32 КБ, з яких 0.5 КБ для завантажувача

SRAM	2 КБ (ATmega328)
EEPROM	1 КБ (ATmega328)
Тактова частота	16МГц

Докладні технічні характеристики модуля ESP32-CAM наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики модуля ESP32-CAM.

Параметр	Опис
Підтримувані Wi-Fi мережі	802.11 b/g/n
Камера (входить до комплекту)	OV2640
Формат зображення:	JPG, BMP, відтінки сірого
Тактова частота мікроконтролера (макс.)	240 МГц
Безпека	WPA/WPA2/WPA2-Enterprise/WPS
Обсяг ОЗП	520 КБ вбудованої 4 Мбіт зовнішньої PSRAM
Обсяг ПЗП (у складі ESP32)	448 КБ
Обсяг ПЗП (зовнішній чіп на платі)	32 Мбіт
Робоча напруга	5 В
Максимальний струм (Wi-Fi + камера + підсвічування)	350 мА
Діапазон робочих температур	-20°C..+85°C
Відносна вологість	< 90%
Розміри плати, мм	40,5x27x4,5
Вага	10 г

Схематичне представлення плати Arduino UNO подано на рисунку 2.2.

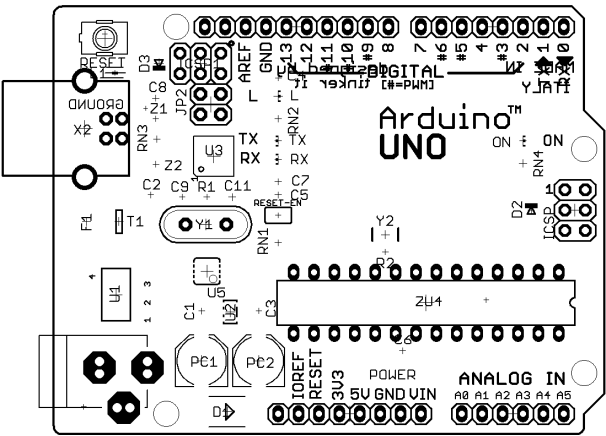


Рисунок 2.2 - Схематичне представлення Arduino UNO.

Перелік елементів подано в додатку Б. Схеми представлення компонентів системи ESP32-CAM показано на рисунку 2.3.

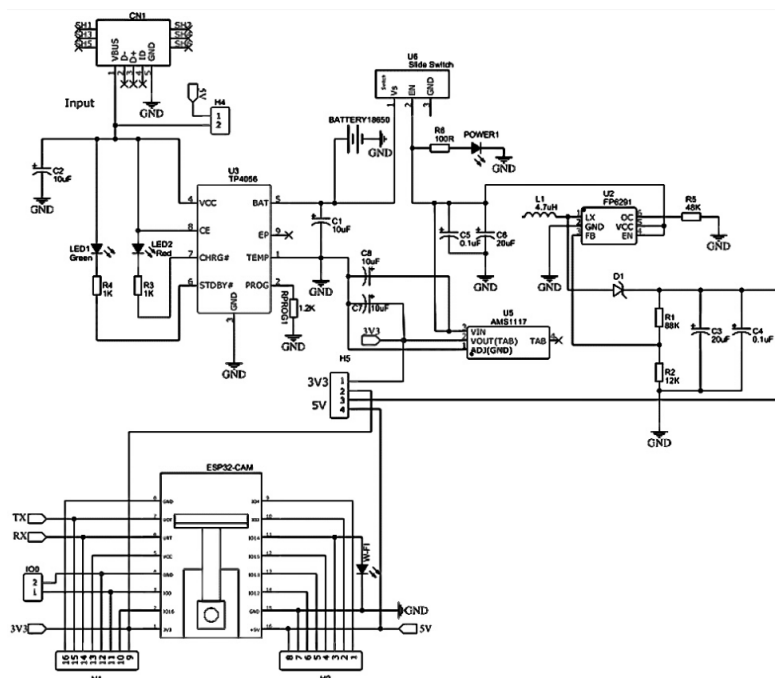


Рисунок 2.3 - Схематичне представлення ESP32-CAM

2.3 Обґрунтування вибору програмного забезпечення

Для реалізації комп'ютеризованої системи контролю умов виготовлення зубних протезів у лабораторії було обрано програмне забезпечення, що відповідає простоті використання, надійності, підтримці необхідних бібліотек і сумісності з апаратними модулями Arduino UNO та ESP32-CAM. Основним середовищем розробки було обрано Arduino IDE, яке забезпечує зручний інтерфейс для написання, компіляції, завантаження та налагодження скетчів для обох мікроконтролерів [11].

У якості мови програмування використовується C/C++, підтримувана Arduino IDE. Такий вибір обумовлений широкою базою готових прикладів, бібліотек та активною спільнотою розробників.

Для плати Arduino UNO, до якої підключено датчик температури та вологості DHT11, було використано бібліотеку dht.h, яка дозволяє легко

зчитувати цифрові значення температури та відносної вологості з сенсора. У середовищі Arduino IDE було створено скетч, який:

- ініціалізує роботу з сенсором;
- періодично зчитує значення температури і вологості;
- виводить ці дані у монітор порту або передає їх для подальшого опрацювання.

Бібліотека dht.h була обрана через її стабільну роботу з DHT11, а також підтримку популярних мікроконтролерів, таких як Arduino UNO. Підключення сенсора реалізовано за допомогою цифрового піну, а живлення подається безпосередньо з плати Arduino.

Для реалізації відеомоніторингу було використано модуль ESP32-CAM з камерою OV2640, а також адаптер ESP32-CAM-MB, який виконує функції живлення та USB-UART перетворення. Програмування модуля здійснювалося у Arduino IDE із використанням вбудованого прикладу "CameraWebServer", який дозволяє швидко підняти веб-сервер для трансляції відео з камери в браузер у локальній мережі [12].

Основні етапи налаштування ESP32-CAM включають:

- встановлення драйвера для чіпа CH340 (для Windows – з офіційного сайту);
- встановлення останньої версії Arduino IDE;
- додавання плати ESP32 до менеджера плат Arduino IDE (через URL, що взято з офіційного сайту);
- вибір плати ESP32 Wrover Module у меню «Інструменти»;
- вибір моделі камери CAMERA_MODEL_AI_THINKER у коді скетчу, оскільки використовується саме цей модуль;
- підключення ESP32-CAM до комп'ютера через ESP32-CAM-MB за допомогою кабелю microUSB;
- переведення ESP32-CAM у режим завантаження (затиснення кнопки IO0 під час подачі живлення);

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- завантаження прошивки у плату;
- відкриття монітора порту для перегляду IP-адреси, яку отримує пристрій після підключення до Wi-Fi.

Скетч CameraWebServer містить у собі логіку ініціалізації камери, підключення до Wi-Fi та запуск локального веб-сервера, доступ до якого можна отримати з будь-якого пристрою, підключеного до тієї ж мережі. Через браузер користувач має змогу переглядати зображення у реальному часі, перемикати режими роздільної здатності та контролювати запуск або зупинку трансляції [13].

Arduino IDE було обрано як універсальне середовище для програмування обох платформ через такі переваги:

- підтримка широкого спектру плат (як класичних Arduino, так і ESP32);
- наявність численних бібліотек для роботи з сенсорами, камерами, Wi-Fi та іншими компонентами;
- зручний монітор порту для діагностики;
- активна спільнота користувачів, що забезпечує підтримку при розробці.

У Додатку Д подано лістинг програмного коду для опрацювання даних з DHT11 на Arduino UNO і налаштування веб-сервера на ESP32-CAM.

2.4 Алгоритм роботи системи

Робота системи базується на взаємодії двох апаратно-програмних підсистем: першої – для моніторингу мікрокліматичних умов у лабораторії (температури та вологості), реалізованої на базі Arduino UNO з підключеним датчиком DHT11, і другої – для здійснення відеоспостереження в зоні виготовлення протезів, реалізованої на базі ESP32-CAM з піднятим веб-сервером.

					<i>КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підсистема збору мікрокліматичних даних (Arduino UNO + DHT11) виконує безперервний цикл зчитування показників навколишнього середовища:

- після запуску живлення Arduino UNO ініціалізує бібліотеку dht.h та готує пін для роботи з датчиком DHT11;
- задано інтервал (кожні 2 секунди) для зчитування температури та відносної вологості повітря;
- отримані значення зберігаються у змінні або, за потреби, можуть бути передані через UART;
- у разі не відповідності допустимим межам (температура 21-25°C або вологість 40-60%) дані опрацьовуються для подальшої реакції системи, подання повідомлення про невідповідність [14];
- дані періодично виводяться у монітор порту, що дозволяє оператору спостерігати за станом у режимі реального часу.

Цей модуль працює незалежно, але може передавати дані до іншої частини системи або зберігатися для логування.

Паралельно з роботою Arduino працює підсистема відеоспостереження (ESP32-CAM та Web-сервер), яка відповідає за візуальний контроль за процесом у лабораторії:

- після запуску ESP32-CAM ініціалізується камера OV2640, встановлюється з'єднання з Wi-Fi мережею та запускається веб-сервер;
- модуль отримує локальну IP-адресу, яка відображається у моніторі порту після завантаження прошивки (CameraWebServer);
- користувач через браузер (на ПК, планшеті або смартфоні) заходить на вказану IP-адресу, відкривається веб-інтерфейс;
- у веб-інтерфейсі користувач може: переглядати зображення з камери в реальному часі; змінювати налаштування якості зображення; оновлювати кадри вручну або налаштувати автоматичне оновлення;

– у разі відсутності з'єднання з мережею Wi-Fi камера не зможе передавати відео, однак за потреби може бути додана можливість збереження зображень на microSD.

Хоча Arduino UNO та ESP32-CAM працюють як незалежні модулі, вони функціонують у рамках єдиної системи, що забезпечує комплексний контроль. Arduino UNO постійно слідкує за умовами середовища і може служити джерелом даних для розширених функцій (наприклад, передачі порогових значень в ESP32). ESP32-CAM виконує візуальний контроль та дозволяє людині в реальному часі оцінювати ситуацію у лабораторії. Це особливо корисно у випадках, коли мікроклімат виходить за межі норми – оператор може переглянути, чи є це результатом людського втручання або технічного збою.

Блок-схема алгоритму роботи системи Arduino UNO представлена на рисунку 2.4.

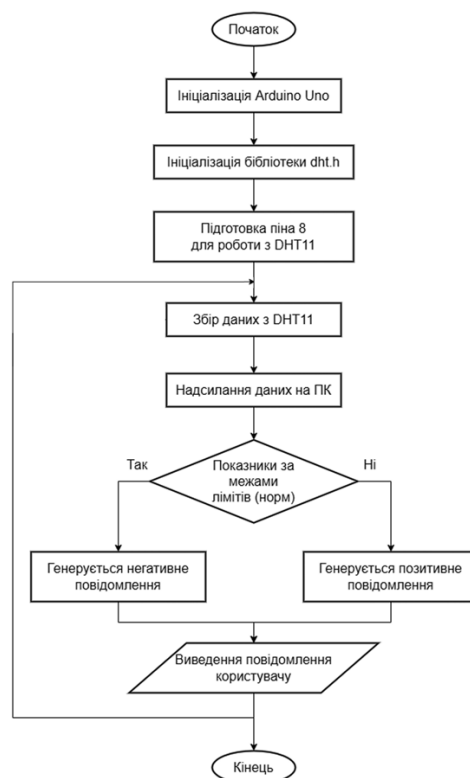


Рисунок 2.4 - Алгоритм роботи системи Arduino UNO

Блок-схема алгоритму роботи модуля ESP32-CAM представлена на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 - Алгоритм роботи модуля ESP32-CAM

У майбутньому можлива інтеграція обох модулів у спільну систему з передачею даних між Arduino та ESP32 по UART або I2C для автоматичної реакції на події.

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Реалізація проєктних рішень

Реалізація системи контролю за умовами виготовлення зубних протезів у лабораторних умовах передбачала послідовну розробку як апаратної, так і програмної частини, з подальшою інтеграцією окремих модулів у єдину функціональну систему. У проєкті було застосовано два мікроконтролери: Arduino UNO, що відповідає за збір даних про мікроклімат, та модуль ESP32-CAM, який виконує функції бездротового відеоспостереження з передачею зображення в реальному часі [15].

На першому етапі було реалізовано підсистему збору кліматичних параметрів. Для цього використовувалась плата Arduino UNO у поєднанні з цифровим датчиком температури та вологості DHT11. Фізичне підключення здійснювалося без використання додаткових елементів: вихід живлення сенсора з'єднано з піном 5V на платі Arduino, сигнальний вихід було підключено до цифрового порту D8, а заземлення – до GND. Завдяки такій простій конфігурації вдалося швидко зібрати робочу схему. Схема підключення Arduino UNO та DHT11 зображена на рисунку 3.1.

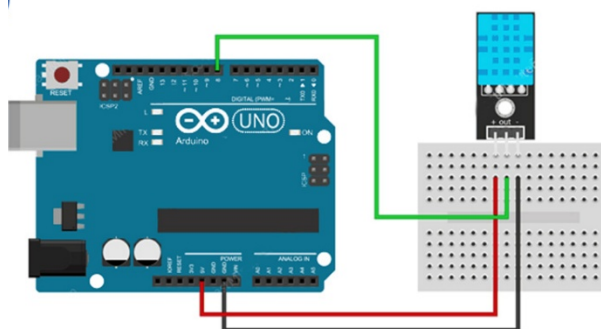


Рисунок 3.1 – Схема підключення сенсора DHT11 до Arduino

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Практична частина		
Розроб.	Бідун С.М.						
Перевір.	Луцик Н.С.						
Реценз.							
Н. Контр.	Тиш Є.В.						
Затверд.	Осухівська Г.М.						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						31	
					ТНТУ, каф. КС, гр. CI-41		

Вигляд плати Arduino UNO та сенсора DHT11 подано на рисунку 3.2.

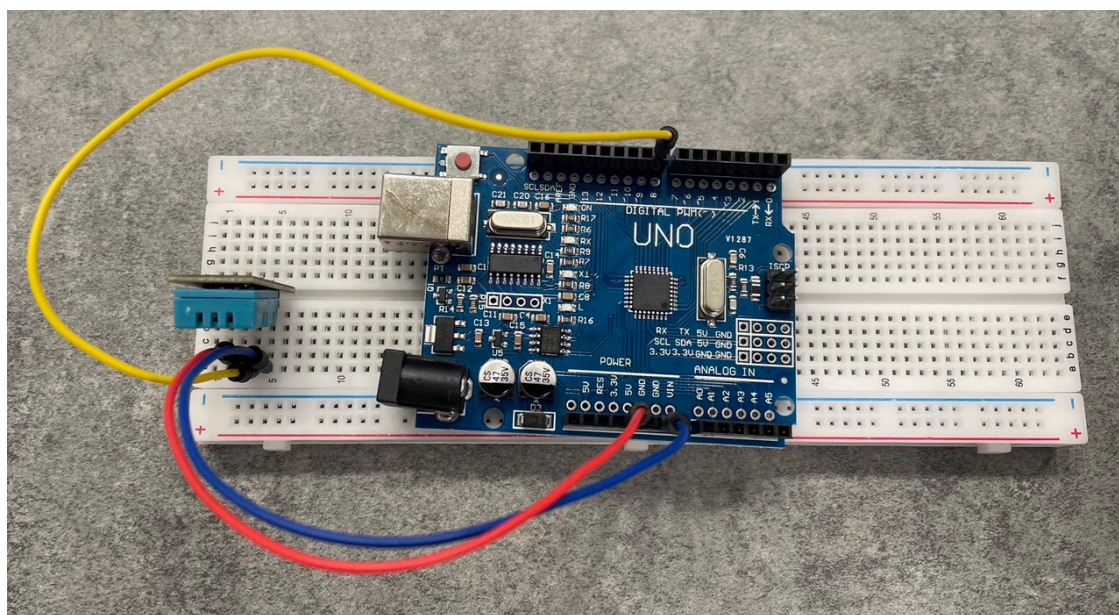


Рисунок 3.2 – Плата Arduino UNO та DHT11

Після апаратного монтажу було встановлено середовище розробки Arduino IDE, що дозволило приступити до написання програмного коду. До середовища було додано бібліотеку `dht.h`, яка забезпечує необхідний функціонал для зчитування значень температури та вологості з сенсора. У створеному скетчі здійснюється ініціалізація сенсора, періодичне зчитування показників, а також виведення даних у консоль через серійний порт. Компіляція й завантаження коду здійснювалися через USB-кабель, підключений безпосередньо до плати. Після цього відкриття монітора порту в Arduino IDE дозволило вперше в реальному часі побачити актуальні значення температури й вологості у лабораторії. За потреби, для стабілізації роботи використовувався фізичний ресет мікроконтролера шляхом натискання відповідної кнопки на платі.

Скетч програми та перші результати вимірювань температури та вологості представлені на рисунку 3.3.

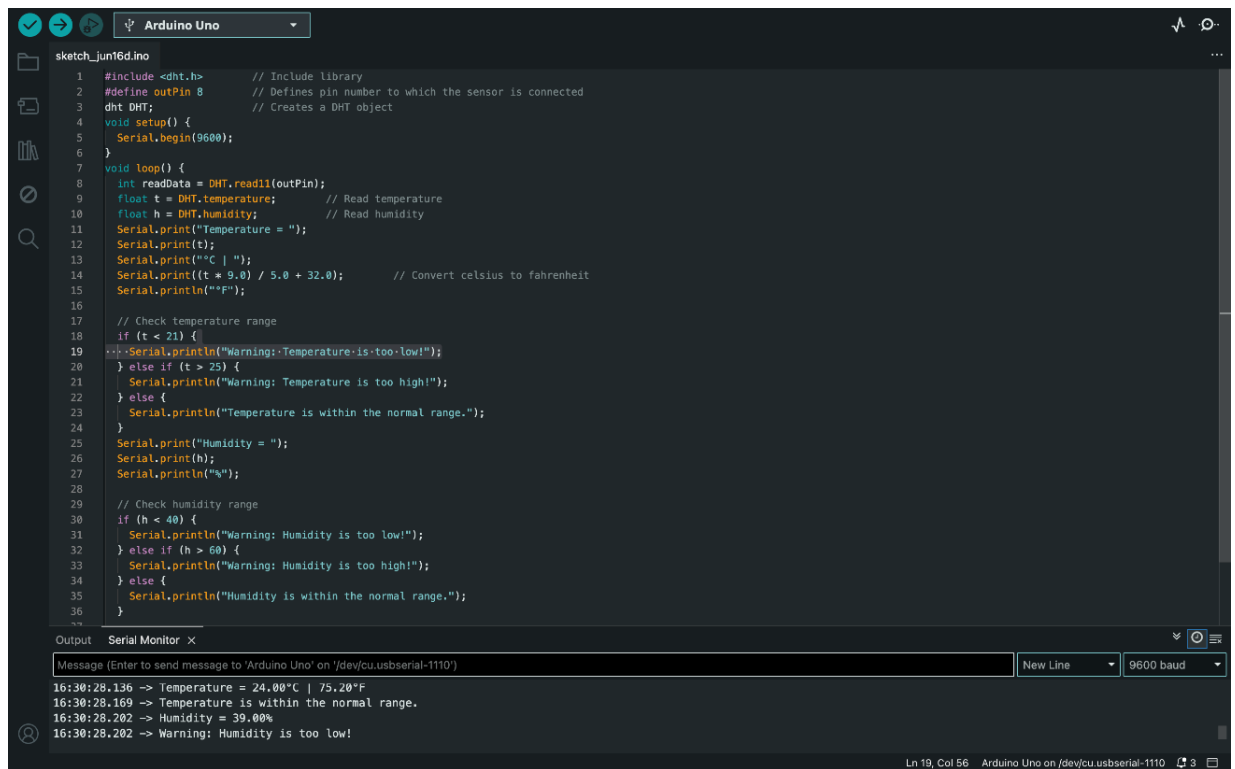


Рисунок 3.3 – Скетч програми та перші результати вимірювань температури та вологості

Паралельно з розробкою підсистеми контролю мікроклімату, відбувалася реалізація функціоналу відеоспостереження. Для цього використовувався модуль ESP32-CAM у комплекті з адаптером ESP32-CAM-MB на базі чіпа CH340. Такий вибір був зумовлений зручністю підключення плати до комп'ютера через microUSB-кабель без необхідності використання окремих конвертерів UART. Камера OV2640, що входить до складу модуля ESP32-CAM, забезпечує передачу відеопотоку з роздільною здатністю до 2 мегапікселів, що є цілком достатнім для огляду робочого середовища техника [16].

Лістинг коду програми поданий у додатку В. Зібраний прототип модуля ESP32-CAM у комплекті з ESP32-CAM-MB представлений на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Плата ESP32-CAM з'єднана з ESP32-CAM-MB

Перед початком роботи з ESP32-CAM було встановлено необхідний пакет підтримки плати до Arduino IDE шляхом додавання відповідного URL-адресу в налаштуваннях менеджера плат. Після цього у середовищі розробки було обрано плату «AI Thinker ESP32-CAM», що відповідає конкретній апаратній конфігурації. Для прошивки модуля використовувався готовий приклад CameraWebServer, доступний у складі бібліотек ESP32. У коді було активовано відповідну модель камери, а також налаштовано параметри підключення до Wi-Fi мережі шляхом вказання SSID та пароллю.

Після натискання кнопки BOOT на адаптері ESP32-CAM-MB та запуску компіляції скетчу, відбулося завантаження прошивки на модуль. По завершенні процесу, відкриття монітора порту дозволило побачити згенеровану IP-адресу пристрою в локальній мережі. Цю адресу було введено у браузер, що відкрило веб інтерфейс камери. У ньому стало можливим переглядати зображення з камери в реальному часі, регулювати параметри яскравості, контрасту, формат кадру та частоту оновлення.

На рисунку 3.5 подано приклад перегляду відео через локальну мережу, що транслюється з ESP32-CAM.

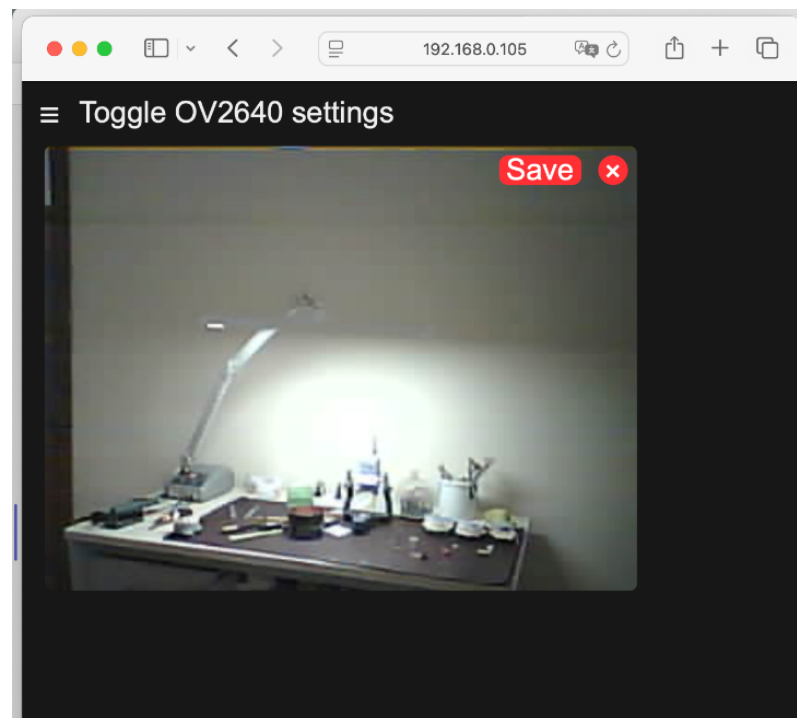


Рисунок 3.5 – Перегляд відео, що транслюється з камери

На фінальному етапі обидва модулі – Arduino UNO з DHT11 та ESP32-CAM з адаптером – було інтегровано у спільну систему моніторингу. Після початкового тестування кожного модуля окремо, плати було змонтовано на спільну основу й забезпечено незалежним живленням від портативного зарядного пристрою, що гарантує мобільність і безперебійну роботу системи навіть у разі відсутності стаціонарного електроживлення. Кожна з підсистем продовжує виконувати свою частину завдань автономно, проте в межах єдиної логіки функціонування системи: Arduino UNO забезпечує постійний моніторинг мікроклімату з фіксацією зміни параметрів, тоді як ESP32-CAM дозволяє оператору віддалено спостерігати за робочою зоною техніки.

На рисунку 3.6 наведено вигляд готової зібраної системи з Arduino UNO, сенсоров DHT11 та ESP32-CAM.

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

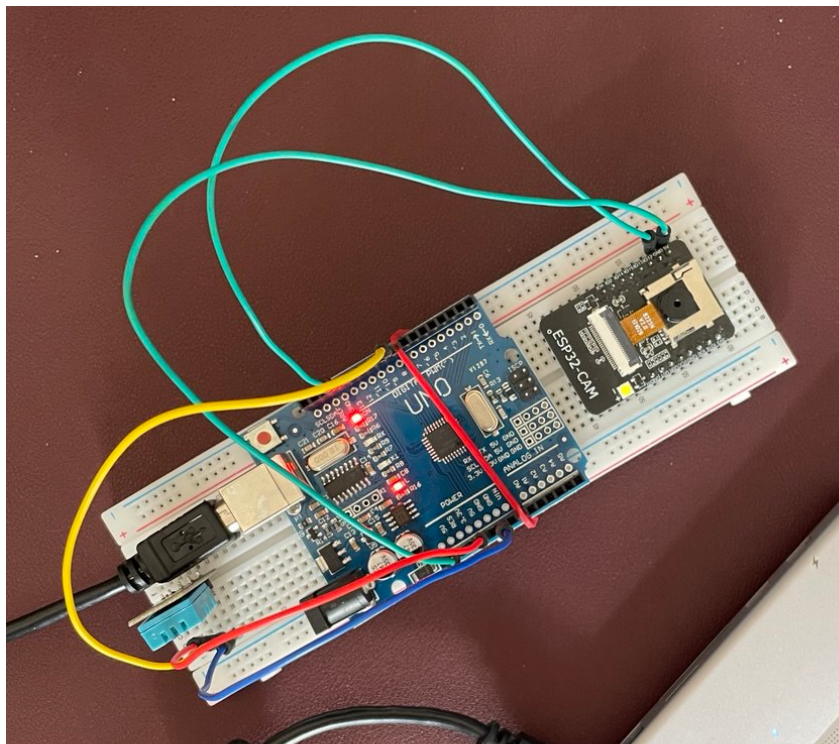


Рисунок 3.6 – Вигляд комп’ютеризованої системи контролю за умовами виготовлення протезів в зуботехнічній лабораторії

Така реалізація стала прикладом ефективної інтеграції сенсорної та відеоінформаційної підсистеми в рамках одного проєкту. Компактність, простота реалізації, низька вартість і можливість подальшого масштабування відкривають перспективи застосування подібних рішень не лише в зуботехнічних лабораторіях, а й у багатьох інших галузях, де важливо контролювати як навколишнє середовище, так і сам процес виконання технічної роботи.

3.2 Тестування розробленої системи

Після завершення етапу реалізації, наступним кроком стало тестування розробленої системи в реальних умовах зуботехнічної лабораторії. Метою тестування було перевірити коректність роботи всіх компонентів системи, достовірність отриманих даних, стабільність функціонування в лабораторному середовищі, а також зручність використання для персоналу.

Для проведення випробувань система була встановлена безпосередньо в одному з робочих приміщень лабораторії, де регулярно виготовляються зубні протези. Приміщення відзначалося стандартним рівнем освітлення, наявністю тепловиділяючого обладнання та робочими місцями техніків, що створювало необхідне фонове навантаження на систему [17].

Розроблена комп'ютеризована система з підключеним датчиком DHT11 було розміщено на рівні робочої поверхні в зоні формування протезів, вигляд подано на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Фото розміщення комп'ютеризованої системи в зуботехнічній лабораторії

Система автоматично зчитувала поточні значення температури та вологості повітря з періодичністю в 2 секунди. Результати передавалися через послідовний порт у вигляді текстових повідомлень, де чітко вказувалося:

- поточне значення температури в $^{\circ}\text{C}$;
- поточне значення відносної вологості у %;

– статус навколишнього середовища (в межах норми або за межами норми).

Результати вимірювань температури та вологості представлено на рисунку 3.8.

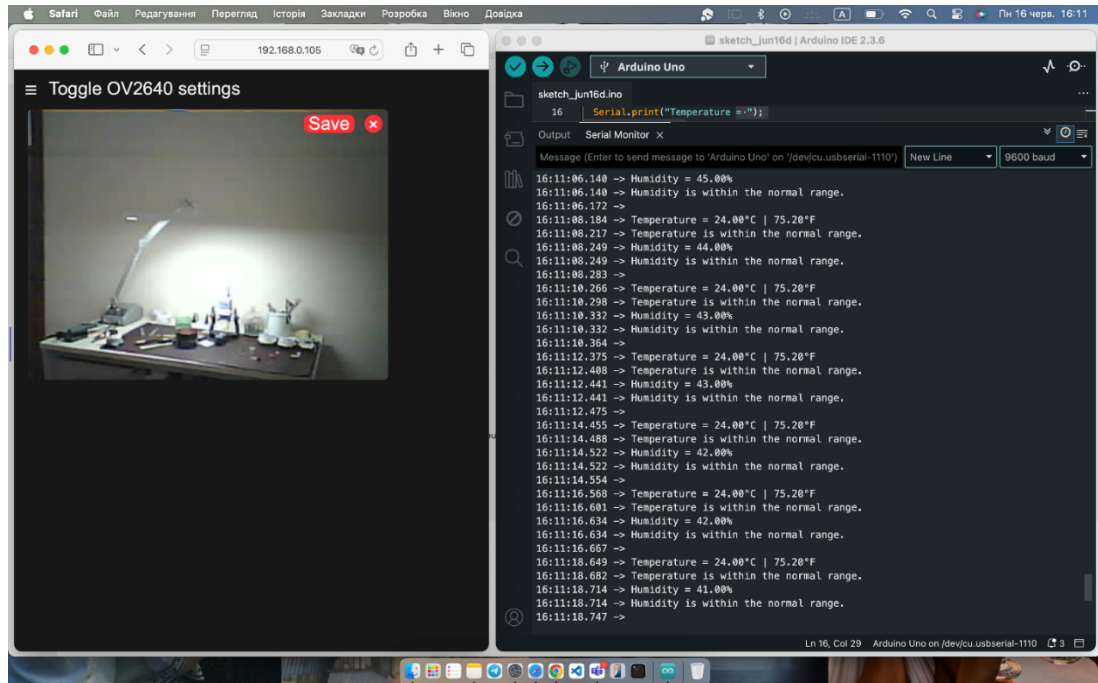


Рисунок 3.8 – Результати вимірювань температури та вологості

Під час тестування було зафіксовано наступні показники:

- середня температура в приміщенні становила 24 °C, що відповідає допустимим межам;
- відносна вологість повітря коливалась у межах 42–58 %, що також відповідало нормі для виготовлення протезів;
- повідомлення що показники в межах норми.

Таким чином, система показала здатність стабільно відслідковувати мікроклімат у приміщенні та одразу фіксувати потенційні відхилення.

Паралельно з вимірюваннями працювала підсистема відеоспостереження на базі ESP32-CAM, підключена до живлення через адаптер ESP32-CAM-MB. Веб-сервер модуля успішно транслював зображення в режимі реального часу, що дозволяло проводити візуальний моніторинг

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робочого середовища без необхідності втручання в сам процес.

Камеру було розміщено над робочим місцем техника, що дозволило відслідковувати чистоту, порядок і потенційно небезпечні дії під час виготовлення конструкцій. Зображення транслювалося через локальну Wi-Fi мережу на комп'ютер, підключений до того ж сегменту, без помітних затримок чи втрати якості [18].

Особливістю було те, що відеоспостереження й аналіз умов середовища відбувалися паралельно, і жодна з підсистем не заважала роботі іншої. Усі дані були доступні миттєво, що дозволяло оперативно реагувати на зміни.

Результати тестування свідчать про стабільність роботи системи, відповідність показників очікуваним, а також готовність до впровадження в постійне використання. Завдяки компактним розмірам та автономності системи, її встановлення не потребувало змін у приміщенні або втручання в електричну мережу лабораторії (див. рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Система встановлена на робочому місці техника

На завершальному етапі було проведено тестування розробленої комп'ютеризованої системи контролю в умовах реальної зуботехнічної лабораторії. Одним із ключових елементів тестування стала перевірка

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стабільності та достовірності отриманих даних з датчика температури та вологості. Протягом 10 хвилин фіксувалися показники мікроклімату приміщення з періодичністю 2 секунди хвилину, після чого на основі отриманих результатів було побудовано два графіки.

Діаграма зміни температури повітря протягом 10 хвилин представлена на рисунку 3.10.

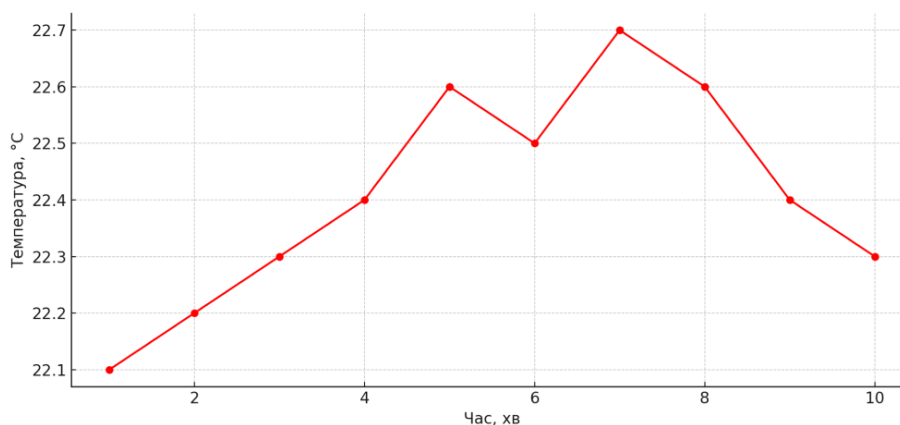


Рисунок 3.10 – Діаграма зміни температури повітря протягом 10 хвилин

Як видно з графіка, температура залишалась стабільною, з незначними коливаннями в межах 22.1–22.7 °C, що свідчить про стабільний тепловий режим у приміщенні.

Діаграма зміни вологості повітря протягом 10 хвилин представлена на рисунку 3.11.

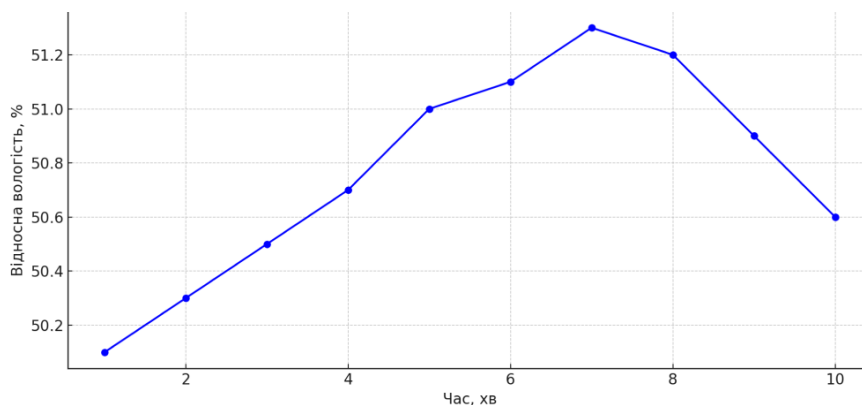


Рисунок 3.11 – Діаграма зміни вологості повітря протягом 10 хвилин

Вологість повітря також залишалася в межах нормативного діапазону 50.1–51.3 %, що є сприятливим середовищем для якісного виготовлення зубних протезів [19].

На рисунку 3.12 показано діаграму порівняння розподілу температур вдень (з 8:00 до 20:00) та вночі (з 20:00 до 8:00).

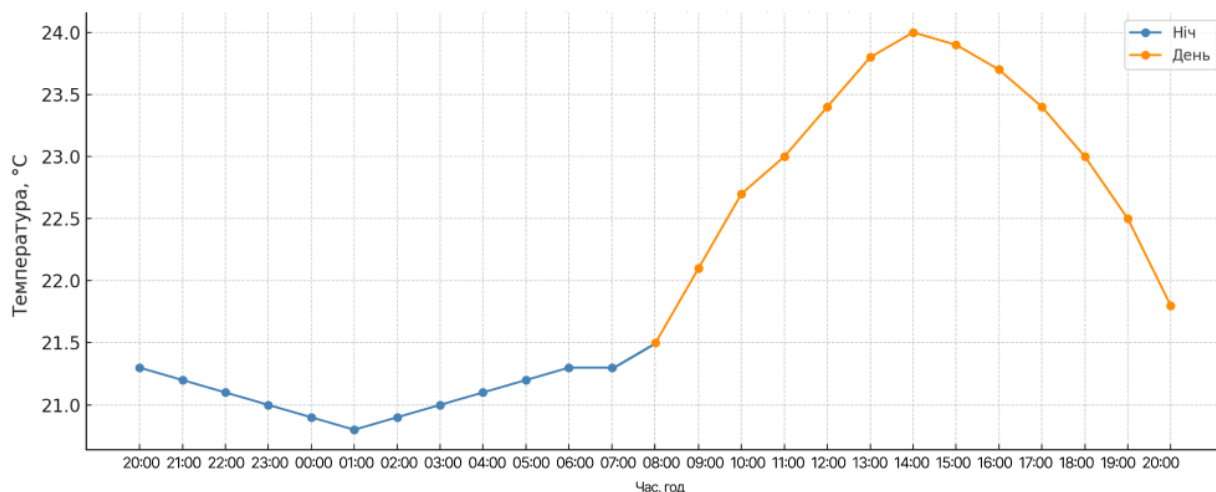


Рисунок 3.12 – Розподіл температури вдень та вночі

Протягом дня показники температури стабільні, коливаються біля 23°C, протягом ночі температура нижча - коливається біля 21°C.

На рисунку 3.13 показано діаграму порівняння розподілу відносної вологості повітря вдень та вночі.

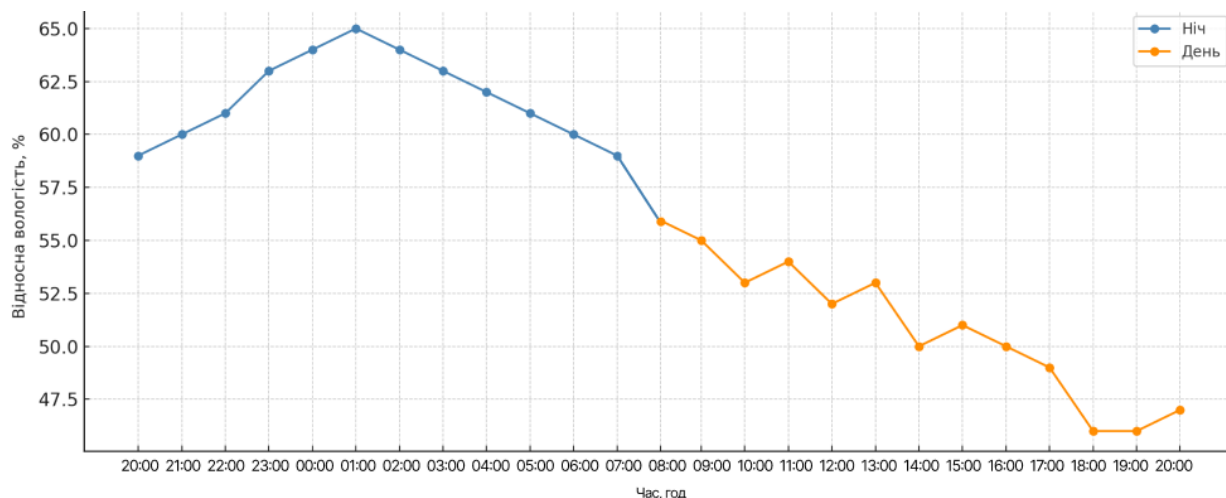


Рисунок 3.13 – Розподіл вологості вдень та вночі

Протягом дня показники вологості перебувають у межах 45–55%, протягом ночі вологість дещо вища – близько 60%.

Отримані результати підтверджують, що комп'ютеризована система виконує свої функції та може бути надійним інструментом контролю умов праці в лабораторії.

Таким чином, система успішно пройшла тестування та підтвердила свою ефективність як інструмент для контролю середовища виготовлення зубних протезів.

					<i>КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						42
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Працездатність людини – оператора

У процесі контролю за умовами виготовлення протезів в зуботехнічній лабораторії людина переживає різні функціональні стани. Ці стани можуть варіюватися залежно від фізичного та психоемоційного навантаження, тривалості робочого часу, умов мікроклімату, а також концентрації уваги, що необхідна для точного виконання професійних завдань. Врахування цих факторів є важливим для організації безпечного та ефективного робочого процесу.

Під працездатністю людини розуміють її можливість виконувати роботу з необхідною якістю та в установлений час. Працездатність людини залежить як від зовнішніх чинників, так і від внутрішнього стану (внутрішні чинники).

До зовнішніх чинників належать: кількість та форма отриманої інформації, зручність робочого місця, характер взаємостосунків в колективі, вплив чинників середовища існування. До внутрішніх чинників належать: рівень підготовки, тренуваність людини та її емоційна стійкість [20].

На рисунку 4.1 наведено зміни функціонального стану та якості роботи людини у процесі одного трудового циклу (зміни).

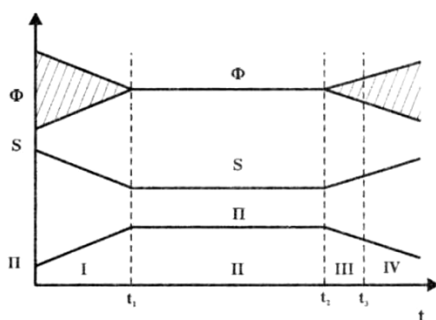


Рисунок 4.1 – Фази працездатності

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Бідун С.М.			Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірів		Луцик Н.С.								43	
Консульт.		Пилипець М.І.						ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41			
Н. Контр.		Тиш Є.В.									
Затверд.		Осухівська Г.М.									

Позначення на рисунку 4.1 розшифровуються наступним чином: Ф – показник функціонального стану, Б – помилки роботи, П – продуктивність праці.

Виділяють 4 фази працездатності: пристосування до праці, стійка працездатність, субкомпенсація та втома. Тривалість усіх фаз та усього циклу роботи залежить від рівня підготовки людини до роботи.

Фаза пристосування до праці – це час, протягом якого людина адаптується до майбутніх умов праці. Основний показник поступово досягає свого встановленого значення. Тривалість періоду пристосування організму до умов праці залежить від багатьох чинників, серед яких основними є інтенсивність роботи (чим інтенсивніша робота, тим цей період коротший) та рівень готовності людини до майбутньої роботи.

Значного скорочення фази пристосування до праці людина досягає за рахунок попередньої підготовки до роботи (виконання фізичних вправ, адаптації зору, слуху) та шляхом посиленого навчального навантаження. Суть останнього полягає в тому, що оператор перед початком роботи проводить короткочасне тренування щодо розв'язання однієї чи кількох задач підвищеної складності.

Фаза стійкої працездатності характеризується найвищою якістю праці при оптимальних рівнях функціонування фізіологічних систем організму. Тривалість цього періоду залежить від інтенсивності роботи. Чим інтенсивніша праця, тим коротший цей період. Найоптимальніша динамічна робота, коли цей період може бути в десятки разів довшим, ніж при статичній діяльності [21].

На процес стійкої працездатності великий вплив справляють емоції. Негативні (страх, невпевненість, поганий настрій) знижують працездатність. Позитивні (впевненість, спокій, бадьорий настрій) значно продовжують період стійкої працездатності.

Продовження періоду стійкої працездатності забезпечують:

– оптимальним рівнем напруги психофізіологічних функцій;

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- комфортними умовами праці;
- правильним поєднанням режимів праці та відпочинку;
- емоційним розвантаженням;
- використанням тонізуючих напоїв (кава, чай), фармакологічних засобів, зокрема препаратів рослинного походження (вітаміни, препарати, які впливають на енергетичні та метаболічні процеси);
- інформуванням людини про наслідки її діяльності, наглядом та контролем її роботи.

Практичний досвід свідчить, що вживання легких стимуляторів допомагає знизити сонливість, сприяє підвищенню працездатності на короткий період. Однак активні стимулятори на відповідальних видах робіт здатні викликати негативний ефект – погіршується самопочуття, знижується рухливість та швидкість реакцій. Поширене серед населення вживання транквілізаторів, викликаючи заспокоєння та запобігаючи розвитку неврозів, може знизити психічну активність, сповільнити реакції, спричинити апатію та сонливість.

Фаза субкомпенсації розглядається як початок розвитку втоми. В цей період якість праці ще зберігається на високому рівні, але тільки за рахунок перенапруги і відповідних функцій організму.

Фаза втоми характеризується чітко вираженим зниженням якості роботи при подальшому погіршенні функціонального стану людини. Об'єктивними показниками втоми є зміна частоти пульсу, дихання, зорової та слухової чутливості.

Наступною фазою життєдіяльності людини повинна бути фаза відновлення працездатності (відпочинку), яка може тривати від 3 до 5 хвилин; 60 – 90 хв. і навіть декілька діб.

Отже, раціональна організація праці та врахування функціональних станів людини впродовж трудового циклу є ключовими чинниками забезпечення високої працездатності та безпеки в зуботехнічній лабораторії. Застосування профілактичних заходів та правильне поєднання роботи й

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відпочинку дозволяє зменшити втому та підвищити ефективність професійної діяльності.

4.2 Вимоги ергономіки до організації робочого місця оператора ПК

Організація робочого місця для працівників зуботехнічної лабораторії є дуже важливою, оскільки вся їхня робота відбувається сидячи за комп'ютером, сканером та робочим місцем. І щоб підвищити ефективність роботи потрібно правильно організувати робоче місце.

Робоче місце – це зона простору, що оснащена необхідним устаткуванням, де відбувається трудова діяльність одного працівника чи групи працівників.

Рациональне планування робочого місця забезпечує найкраще розміщення знарядь і предметів праці, не допускати загального дискомфорту, зменшувати втомлюваність працівника, підвищувати його продуктивність праці. Площа робочого місця має становити не менше 4,5 м² при об'ємі повітря не менше 15 м³ на одного працівника, щоб забезпечити зручність виконання роботи без зайвих рухів та фізичного дискомфорту. Важливо мати можливість змінити робочу позу, тобто положення корпусу, рук, ніг. Проте доцільно виключати або мінімізувати всі фізіологічно неприродні і незручні положення тіла [22].

Проведені дослідження показують, що при раціональній організації робочих місць продуктивність праці зростає на 15-25%.

Гігієнічні вимоги визначають умови життєдіяльності і працездатності людини у процесі взаємодії з технікою і середовищем. Показниками є рівень освітлення, температура, вологість, шум, вібрація, токсичність, загазованість.

Антропометричні вимоги визначають відповідність конструкцій техніки антропометричним характеристикам людини (зріст, розміри тіла та окремі рухові ланки). Показниками є раціональна робоча поза, оптимальні зони досягнення, раціональні трудові рухи.

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фізіологічні та психофізіологічні вимоги визначають відповідність техніки і середовища можливостям працівника щодо сприйняття, переробки інформації, прийняття і реалізації рішень.

Організація робочого місця передбачає:

- правильне розміщення робочого місця у виробничому приміщенні;
- вибір ергономічно обґрунтованого робочого положення, виробничих меблів з урахуванням антропометричних характеристик людини;
- раціональне компонування обладнання на робочих місцях;
- урахування характеру та особливостей трудової діяльності.

Загальні принципи організації робочого місця:

- на робочому місці не повинно бути нічого зайвого. Усі необхідні для роботи предмети мають бути поряд із працівником, але не заважати йому;
- ті предмети, якими користуються частіше, розташовуються ближче, ніж ті предмети, якими користуються рідше;
- предмети, які беруть лівою рукою, повинні бути зліва, а ті предмети, які беруть правою рукою – справа;
- якщо використовують обидві руки, то місце розташування пристосувань вибирається з урахуванням зручності захоплення його двома руками;
- робоче місце не повинно бути захаращене;
- організація робочого місця повинна забезпечувати необхідну оглядовість.

Статичні напруження працівника в процесі праці пов'язані з підтриманням у нерухомому стані предметів і знарядь праці, а також підтриманням робочої пози.

Робоча поза – це основне положення працівника у просторі: зручна робоча поза має забезпечувати стійкість положення корпусу, ніг, рук, голови працівника під час роботи, мінімальні затрати енергії та максимальну результативність праці.

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найпоширенішими у процесі праці є пози сидячи і стоячи. Проектуючи робоче місце, враховано, що при виконанні роботи з фізичним навантаженням бажана поза стоячи, а при малих зусиллях – сидячи.

Робоча поза стоячи втомлює людину більше, ніж сидяча. Вона вимагає на 10% більше енергії, спричиняє підвищення артеріального і венозного тиску крові, розширення вен на ногах, пошкодження ступень, викривлення хребта.

Під час роботи сидячи нижня частина корпусу розслаблена, а основне статичне навантаження припадає на м'язи шиї, спини, таза, стегон. Неправильна сидяча поза може викликати застій крові в ногах, а якщо виконується великий обсяг роботи для пальців рук – запалення суглобів.

Організація робочого місця користувача комп'ютера забезпечує відповідність усіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам [23].

На рисунку 4.2 зображено робочий стіл з розміщенням користувача ПК та ергономічні вимоги до проектування робочого місця.

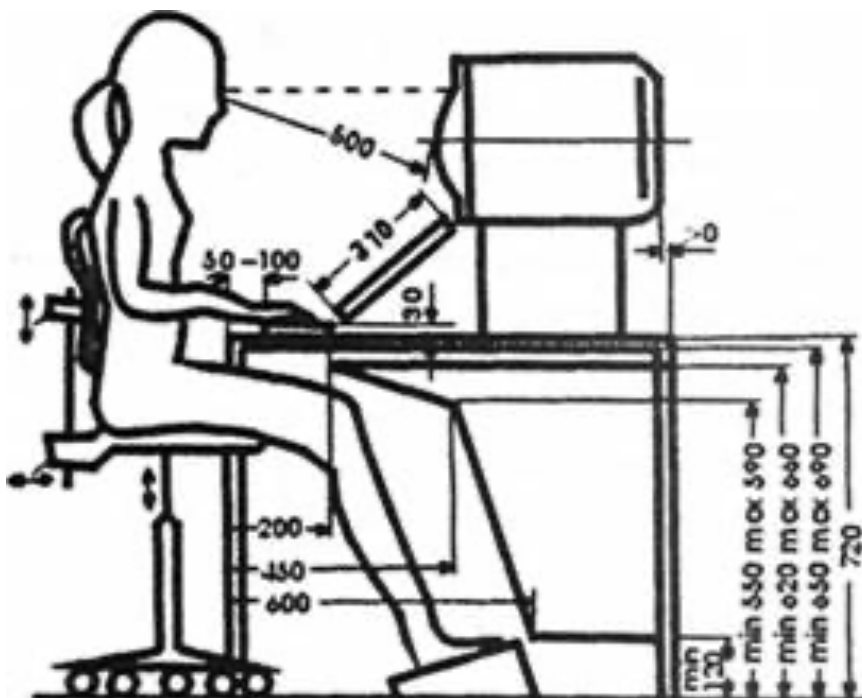


Рисунок 4.2 – Робочий стіл і розміщення користувача ПК

Ергономічні вимоги встановлюють основні параметри робочого місця, оснащеного дисплеєм, і враховують особливість виконуваних робіт.

Ергономічні вимоги передбачають наступні елементи: кут екрана, кут огляду (зору), відстань огляду, висота середини екрана, висота клавіатури, висота столу, відстань колін від столу, підставка для ніг, підставка для документів, положення рук, кут ліктів, спинка крісла, підлокітник, опора для попереку, кут колін, кут спинки крісла, висота сидіння.

					<i>КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						49
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено та реалізовано комп'ютеризовану систему контролю за умовами виготовлення протезів у зуботехнічній лабораторії. У процесі роботи проведено аналіз вимог до мікроклімату середовища лабораторії, що дозволило визначити необхідність автоматизованого моніторингу таких параметрів, як температура та вологість повітря.

Було виконано наступне:

1) Проаналізовано вимоги до мікроклімату лабораторного середовища та обґрунтовано доцільність автоматизованого моніторингу температури та вологості.

2) Обрано апаратне забезпечення: мікроконтролер Arduino Uno з датчиком DHT11 для вимірювання параметрів середовища та модуль ESP32-CAM для відеоспостереження.

3) Реалізовано програмне забезпечення на основі Arduino IDE з використанням відповідних бібліотек.

4) Розроблено електричну принципову схему з'єднання компонентів системи.

5) Побудовано алгоритм роботи комп'ютеризованої системи.

6) Проведено тестування системи в умовах реальної зуботехнічної лабораторії - отримано графіки зміни температури та вологості в часі, та проведено відеоспостереження.

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 39 с.
2. Лупенко С.А., Пасічник В.В., Тиш Є.В. Комп'ютерна логіка. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 354 с.
3. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98/ed20250408#Text> (дата звернення: 17.04.2025).
4. Про затвердження вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/z0508-18#Text> (дата звернення: 17.04.2025).
5. ISO 6873:2013 – Dentistry – Gypsum products. Geneva: International Organization for Standardization, 2013.
6. Palamar A., Karpinski M., Palamar M., Osukhivska H., Mytnyk M. Remote Air Pollution Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2022), Ternopil, Ukraine, November 22–24, 2022. Vol. 3309. P. 194-204.
7. Kharchenko A., Bodnarchuk I., Yatsysyn V. The Method for Comparative Evaluation of Software Architecture with Accounting of Trade-offs. American Journal of Information Systems. 2014. Vol. 2, No. 1. P. 20-25.
8. Дячук, О.А.; Жаровський, Р.О. Управління потоком за критеріями доступності. Матеріали XI науково-технічна конференція Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі системи та технології» (13-14 грудня 2023 року). Тернопіль: ТНТУ. 2023. С. 151.

					КС КРБ 123.192.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

9. Ларіоник Р.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Система для моніторингу якості атмосферного повітря на базі IoT. Матеріали IX науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 8–9 грудня 2021 року), Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 116.

10. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.

11. Arduino IDE 1 Installation (Windows). URL: <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/Windows> (дата звернення: 15.04.2025).

12. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Інформаційно-вимірювальна система для контролю метеорологічних параметрів на основі Інтернету речей. Матеріали IX науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 8–9 грудня 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 118.

13. Оконський М.В., Лупенко С.А., Паламар А.М. Комп'ютерна система для моніторингу метеорологічних параметрів на основі IoT. Актуальні задачі сучасних технологій : збірник тез доповідей X міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 24–25 листопада 2021 року), Тернопіль: ТНТУ, 2021. С. 112.

14. Паламар А., Величко Д. Система моніторингу якості повітря в приміщеннях. Матеріали V Міжнародної студентської науково-технічної конференції "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання" (Тернопіль, 28-29 квітня 2022 року), Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 138.

15. Модуль Wi-Fi ESP32-CAM з камерою 2MP. URL: <https://arduino.ua/prod3458-modul-wi-fi-esp32-s-kameroi-2mp> (дата звернення: 03.05.2025).

16. How to Program / Upload Code to ESP32-CAM AI-Thinker (Arduino IDE). URL: <https://randomnerdtutorials.com/program-upload-code-esp32-cam/> (дата звернення: 15.05.2025).

17. Слюз І., Жаровський Р. Критерії ефективності тестування комп'ютерної інформаційної системи. Матеріали XI Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (7-8 грудня 2022 року). Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 174

18. Слюз І., Жаровський Р. Принципи та основні етапи комплексного тестування комп'ютерної інформаційної системи. Матеріали X науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі системи та технології» (7-8 грудня 2022 року). Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 93.

19. Луцків А., Лупенко С., Пасічник В. Паралельні та розподільнені обчислення. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 566 с.

20. Бедрій І.Я., Нечай В.Я. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. – Львів: Манголія 2006, 2007. 499 с. 43

21. Зеркалов Д.В. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. - К.: Основа, 2011.

22. Організація праці операторів комп'ютерів. URL: https://pidru4niki.com/92832/bzhd/organizatsiya_pratsi_operatoriv_komp_yuteriv (дата звернення: 10.05.2025).

23. Заходи для покращення умов праці операторів комп'ютерів. URL: https://pidru4niki.com/92831/bzhd/zahodi_pokraschennya_umov_pratsi_operatoriv_v_kompyuteriv (дата звернення: 10.05.2025).

Додаток А

Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

“Затверджую”

Завідувач кафедри КС

_____ Осухівська Г.М.

“ ____ ” _____ 2025 р

Комп'ютеризована система контролю за умовами виготовлення протезів в
зуботехнічній лабораторії

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 9 листках

Вид робіт:

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Керівник кваліфікаційної роботи

Студент групи СІ-41

_____ к.т.н., доц. Луцик Н.С.

_____ Бідун С.М.

« ____ » _____ 2025 р.

« ____ » _____ 2025 р.

Тернопіль 2025

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютеризована система контролю за умовами виготовлення протезів в зуботехнічній лабораторії».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.192.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІ-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Бідун С.М.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№4/7-53 від 27.01.2025 р.)

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 27.01.2025 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 23.06.2025 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ISO, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи. Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи – наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Комп'ютеризована система, що розробляється, призначена для:

- Моніторингу мікрокліматичних умов у зуботехнічній лабораторії в реальному часі.
- Передачі відеопотоку з робочої зони лабораторії для візуального контролю за процесом виготовлення зубних протезів.

2.2 Мета створення системи

Метою кваліфікаційної роботи є розробка та налаштування комп'ютеризованої системи контролю умов виготовлення протезів у зуботехнічній лабораторії на основі мікроконтролерів Arduino та ESP32-CAM.

2.3 Характеристика об'єкту

Розроблювана комп'ютеризована система призначена для використання в зуботехнічних лабораторіях з метою моніторингу мікрокліматичних умов під час виготовлення зубних протезів.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Комп'ютеризована система повинен складатись з:

- Апаратного забезпечення.
- Програмного коду.

3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Основна вимога, яка ставиться до способів та засобів інформаційного обміну – це їх узгодженість.

3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Для системи визначено два режими функціонування:

- нормальний режим функціонування;
- аварійний режим функціонування.

Основним режимом функціонування є нормальний режим.

У нормальному режимі забезпечується стабільна передача даних з датчика температури та вологості (DHT11) і безперервна трансляція відео з ESP32-CAM. Система функціонує відповідно до заданих параметрів і забезпечує моніторинг у реальному часі.

Аварійний режим настає у разі відмови одного з компонентів, наприклад, при втраті зв'язку з мережею або збоях у роботі датчиків. У такому випадку система зберігає базову працездатність і виконує мінімальні функції до відновлення повноцінної роботи.

3.1.4 Вимоги по діагностуванню системи

Для діагностування системи використовуються інструменти діагностування основних процесів системи. Інструменти повинні

забезпечувати зручний інтерфейс для можливості перегляду діагностичних подій, моніторингу процесу виконання програм.

3.1.5 Перспективи розвитку, проектування системи

Дана система може бути розширена завдяки використанню додаткових програмних компонентів, а також передбачено збільшення модулів для збору мікрокліматичних даних.

3.2 Показники призначення

Система повинна передбачати можливість масштабування. Можливості масштабування повинні забезпечуватися засобами використовуваного базового програмного і технічного забезпечення.

3.2.1 Вимоги до надійності

Система повинна забезпечувати працездатність та відновлення своїх функцій при виникненні наступних ситуацій:

- при збоях в системі електропостачання апаратної частини;
- при помилках в роботі апаратних засобів;
- при помилках, пов'язаних з програмним забезпеченням (ОС і драйвери пристроїв).

Для захисту апаратури від стрибків напруги і комутаційних завад повинні застосовуватися мережні фільтри.

3.3 Вимоги до безпеки

Зовнішні елементи технічних засобів системи, що перебувають під напругою, повинні мати захист від випадкового дотику, а самі технічні засоби мати занулення або захисне заземлення .

Система електроживлення повинна забезпечувати захисне вимикання при перевантаженнях і коротких замиканнях в колах навантаження, а також аварійне ручне вимикання.

Загальні вимоги пожежної безпеки повинні відповідати нормам на побутове електрообладнання. У разі пожежі не мають виділятися отруйні гази і дим. Після зняття електроживлення має бути доступне застосування будь-яких засобів пожежогасіння.

3.3.1 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і зберігання компонентів системи

Мікроклімат в приміщеннях повинен відповідати нормам виробничого мікроклімату по ДСН 3.3.6.042-99:

- температуру повітря в межах від +10°C до +35°C;
- відносну вологість повітря при 25°C в межах від 30% до 80%;
- атмосферний тиск 760 ± 25 мм рт. ст.

Періодичне технічне обслуговування використовуваних технічних засобів має проводитися відповідно до вимог технічної документації, але не рідше ніж один раз на рік.

Періодичне технічне обслуговування і тестування технічних засобів повинні включати обслуговування і тестування всіх використовуваних засобів, датчики, контролери, системи передачі даних, пристрої безперебійного живлення.

На підставі результатів тестування технічних засобів повинні проводитися аналіз причин виникнення виявлених дефектів і прийматися заходи по їх ліквідації.

3.4 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

Система повинна забезпечувати захист від несанкціонованого доступу на рівні не нижче встановленого вимогами, що пред'являються до категорії 1Д

по класифікації документа, що діє, “Автоматизовані системи. Захист від несанкціонованого доступу до інформації. Класифікація автоматизованих систем”.

Компоненти підсистеми захисту від НСД повинні забезпечувати:

- ідентифікацію користувача;
- перевірку повноважень користувача при роботі з системою;
- розмежування доступу користувачів.

Рівень захищеності від несанкціонованого доступу засобів обчислювальної техніки, що здійснюють обробку конфіденційної інформації, повинен відповідати вимогам класу захищеності згідно вимогам документу “Засоби обчислювальної техніки. Захист від несанкціонованого доступу до інформації. Показники захищеності від несанкціонованого доступу до інформації”.

3.4.1 Вимоги по збереженню інформації при аваріях

Інформація, при виникненні аварійних ситуацій повинна бути збережена на резервних носіях.

3.4.2 Вимоги по стандартизації і уніфікації

Система повинна відповідати вимогам ергономіки і зручності користування за умови комплектування високоякісним обладнанням (ЕОМ, монітор і інше обладнання), що має необхідні сертифікати відповідності і безпеки.

3.4.3 Вимоги до функцій (завдань), що виконуються системою:

- забезпечення зручного інтерфейсу;
- забезпечення зберігання інформації та відеоматеріалів;
- пошук необхідної інформації;
- забезпечення високої швидкодії.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
 - а) Загальна архітектура системи
 - б) Схема електрична принципова
 - в) Блок-схема алгоритму роботи Arduino UNO
 - г) Блок-схема алгоритму роботи ESP32-CAM
 - д) Результати роботи

*Примітка: У комплект документації можуть вноситися зміни та доповнення в процесі розробки.

5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи
бакалавра

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1	Розробка технічного завдання	27.01 – 02.02
2	Робота над розділом «Аналіз технічного завдання»	02.02 – 09.02
3	Розробка архітектури системи	10.02 – 12.02
4	Вибір апаратного забезпечення	13.02 – 20.02
5	Вибір програмного забезпечення	21.02 – 28.02
6	Розробка алгоритму роботи системи	29.02 – 04.02
7	Розробка прототипу та налаштування системи	05.03 – 05.04
8	Налаштування і тестування системи контролю	06.04 – 06.05
9	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	07.05 – 14.05
10	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	14.05 – 08.06
11	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	9.06. – 15.06
12	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	16.06 – 22.06

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи у дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б
Перелік елементів

Додаток В

Лістинг коду програми

Sketch_dht11.ino

```
#include <dht.h>           // Include library
#define outPin 8           // Defines pin number to which the
sensor is connected
dht DHT;                  // Creates a DHT object
void setup() {
    Serial.begin(9600);
}
void loop() {
    int readData = DHT.read11(outPin);
    float t = DHT.temperature;    // Read temperature
    float h = DHT.humidity;       // Read humidity
    Serial.print("Temperature = ");
    Serial.print(t);
    Serial.print("°C | ");
    Serial.print((t * 9.0) / 5.0 + 32.0);    // Convert
celsius to fahrenheit
    Serial.println("°F");

    // Check temperature range
    if (t < 21) {
        Serial.println("Warning: Temperature is too low!");
    } else if (t > 25) {
        Serial.println("Warning: Temperature is too high!");
    } else {
        Serial.println("Temperature is within the normal range.");
    }
    Serial.print("Humidity = ");
    Serial.print(h);
    Serial.println("%");

    // Check humidity range
    if (h < 40) {
        Serial.println("Warning: Humidity is too low!");
    } else if (h > 60) {
        Serial.println("Warning: Humidity is too high!");
    } else {
        Serial.println("Humidity is within the normal range.");
    }

    Serial.println("");
    delay(2000); // wait two seconds
}
```

Esp32cam.ino

```
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>

// =====
// Select camera model
// =====
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER // Has PSRAM
#include "camera_pins.h"

// =====
// Enter your WiFi credentials
// =====
const char *ssid = "*****";
const char *password = "*****";

void startCameraServer();
void setupLedFlash(int pin);

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    Serial.setDebugOutput(true);
    Serial.println();

    camera_config_t config;
    config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
    config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
    config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
    config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
    config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
    config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
    config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
    config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
    config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
```

```

config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
config.pin_sccb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
config.pin_sccb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
config.xclk_freq_hz = 20000000;
config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG; // for streaming
//config.pixel_format = PIXFORMAT_RGB565; // for face
detection/recognition
config.grab_mode = CAMERA_GRAB_WHEN_EMPTY;
config.fb_location = CAMERA_FB_IN_PSRAM;
config.jpeg_quality = 12;
config.fb_count = 1;

// if PSRAM IC present, init with UXGA resolution and higher
JPEG quality
//                               for larger pre-allocated frame buffer.
if (config.pixel_format == PIXFORMAT_JPEG) {
    if (psramFound()) {
        config.jpeg_quality = 10;
        config.fb_count = 2;
        config.grab_mode = CAMERA_GRAB_LATEST;
    } else {
        // Limit the frame size when PSRAM is not available
        config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
        config.fb_location = CAMERA_FB_IN_DRAM;
    }
} else {
    // Best option for face detection/recognition
    config.frame_size = FRAMESIZE_240X240;
}
#endif CONFIG_IDF_TARGET_ESP32S3

```

```

        config.fb_count = 2;
#endif
    }

#if defined(CAMERA_MODEL_ESP_EYE)
    pinMode(13, INPUT_PULLUP);
    pinMode(14, INPUT_PULLUP);
#endif

    // camera init
    esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
    if (err != ESP_OK) {
        Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err);
        return;
    }

    sensor_t *s = esp_camera_sensor_get();
    // initial sensors are flipped vertically and colors are a bit
    saturated
    if (s->id.PID == OV3660_PID) {
        s->set_vflip(s, 1);          // flip it back
        s->set_brightness(s, 1);    // up the brightness just a bit
        s->set_saturation(s, -2);   // lower the saturation
    }
    // drop down frame size for higher initial frame rate
    if (config.pixel_format == PIXFORMAT_JPEG) {
        s->set_framesize(s, FRAMESIZE_QVGA);
    }

#if defined(CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE) ||
defined(CAMERA_MODEL_M5STACK_ESP32CAM)
    s->set_vflip(s, 1);
    s->set_hmirror(s, 1);
#endif

#endif

#if defined(CAMERA_MODEL_ESP32S3_EYE)

```

```

    s->set_vflip(s, 1);
#endif

// Setup LED Flash if LED pin is defined in camera_pins.h
#if defined(LED_GPIO_NUM)
    setupLedFlash(LED_GPIO_NUM);
#endif

WiFi.begin(ssid, password);
WiFi.setSleep(false);

Serial.print("WiFi connecting");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");

startCameraServer();

Serial.print("Camera Ready! Use 'http://");
Serial.print(WiFi.localIP());
Serial.println("' to connect");
}

void loop() {
    // Do nothing. Everything is done in another task by the web
    server
    delay(10000);
}

```