

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр
Освітній рівень

Система моніторингу та оповіщення про пошкодження скла
Назва теми

КВРКІ 210117.21.01.75 ПЗ
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»

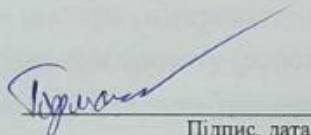
Назва

Виконав: студент IV курсу, група КІ2-21-1


Підпис

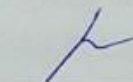
Роман МЕЛЬНИЧУК
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

Андрій ГАРМАТЮК
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер


Підпис, дата

Тетяна КИСІЛЬ
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
зав. кафедри комп'ютерної
інженерії та інформаційних
систем


Підпис

Ольга ПАВЛОВА
Ініціали, прізвище

«16» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ольга ПАВЛОВА

“ 10 ” 01 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Роману МЕЛЬНИЧОКОВІ

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Система моніторингу та оповіщення про пошкодження скла

Керівник проекту (роботи) Андрій ГАРМАТЮК, асистент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 07.02.2025 р. № 23

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2025 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

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

Система моніторингу та оповіщення про пошкодження скла та постановка задачі щодо її

удосконалення

Проектування системи моніторингу та оповіщення про пошкодження скла

Програмно-апаратна реалізація системи моніторингу та оповіщення про пошкодження скла

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Структурна схема систем пристроїв

Електричні принципи Схеми системи

Інтерфейс мобільного додатка

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Тетяна КИСІЛЬ, доцент кафедри КІС		
Антиплагіат	Андрій НІЧЕПОРУК, доцент кафедри КІС		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2025	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2025	виконано
4	Робота над розділом 2 – вибір компонентів для системи моніторингу та оповіщення про пошкодження скла	01.04.2025	виконано
5	Робота над розділом 3 – проектування системи моніторингу та оповіщення про пошкодження скла	29.04.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент

Керівник роботи

Підпис

Роман МЕЛЬНИЧУК
Ініціали, прізвище

Підпис

Андрій ГАРМАТЮК
Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Система моніторингу та оповіщення про пошкодження скла».

Автор роботи: Роман МЕЛЬНИЧУК.

Керівник роботи: Гарматюк Андрій Вікторович.

Пояснювальна записка: 56 с., 22 рис., 7 табл., 4 дод., 40 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

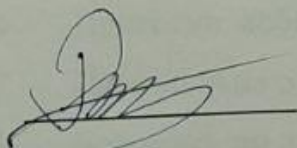
СКЛО, СИСТЕМА, ОПОВІЩЕННЯ, МОНІТОРИНГ, ПОШКОДЖЕННЯ.

Метою дипломної роботи є визначення умов та особливостей застосування обладнання для моніторингу стану скляних поверхонь, а також оцінка механізмів обробки інформації в системі, адаптивного виявлення пошкоджень скла з метою забезпечення своєчасного оповіщення та достатньої ефективності виявлення ушкоджень.

Об'єктом дослідження є функціонування системи моніторингу та оповіщення про пошкодження скла.

Предметом дослідження є оцінка роботи сенсорів та алгоритмів обробки даних у системі виявлення пошкоджень скляних конструкцій.

Під час проведення даного дослідження був використаний метод систематичного огляду літератури для вивчення і аналізу предметної області систем виявлення пошкоджень скла.


Підпис студента

30.05.2025

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТА ОПОВІЩЕННЯ ПРО ПОШКОДЖЕННЯ СКЛА	5
1.1 Види пошкоджень скла	5
1.1.1 Механічні пошкодження	6
1.1.2 Термічні пошкодження	6
1.1.3 Хімічні пошкодження	7
1.1.4 Атмосферні пошкодження	7
1.1.5 Виробничі дефекти	8
1.2 Методи виявлення пошкоджень скла	9
1.3 Методи сповіщень	10
1.4 Огляд існуючих систем моніторингу скла	11
1.5 Захист скла від зовнішніх пошкоджень	12
1.6 Порівняльний аналіз існуючих рішень.....	13
1.7 Постановка задачі	15
1.8 Висновок до першого розділу.....	16
2 РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ОПОВІЩЕННЯ ПРО ПОШКОДЖЕННЯ СКЛА	17
2.1 Формулювання вимог до програмно-технічного засобу для системи моніторингу пошкодження скла	17
2.2 Аналіз варіантів реалізації системи захисту скла.....	17
2.3 Опис системи та вибір компонентів	19
2.4 Схема та принцип роботи системи	26
2.5 Програмна реалізація та логіка роботи	29
2.6 Прототип мобільного застосунку для користувача	31
2.7 Порівняльна оцінка розробленої системи	35
2.8 Висновки до другого розділу.....	37

КвРКІ 210117.21.01.75ПЗ					
Зм	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	
Виконав		Роман Мельничук		16.06.19	
Перевір.		Андрій Гарматюк		16.06.19	
Н.контр.		Тетяна КИСІЛЬ		16.06.19	
Затвер.		Ольга ПАВЛОВА		16.06.19	
			Літера	Аркуш	Аркушів
			у	2	77
			ХНУ КІ2-21-1		
			Система моніторингу та оповіщення про пошкодження скла Пояснювальна записка		

3	ПРОГРАМНО–АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ	
	МОНІТОРИНГУ ТА ОПОВІЩЕННЯ ПРО ПОШКОДЖЕННЯ СКЛА .	39
3.1	Розробка апаратної частини	39
3.2	Розробка користувацького інтерфейсу мобільного додатку	47
3.3	Програмна логіка сенсорної обробки та виявлення пошкодження скла	55
3.4	Опис робочого процесу системи	57
3.5	Висновок до 3 розділу	59
	ВИСНОВКИ	60
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	61
	ДОДАТОК А	66
	ДОДАТОК Б	67
	ДОДАТОК В	68
	ДОДАТОК Г	69

ВСТУП

У сучасному світі безпека житлових і комерційних об'єктів набуває особливості актуальності. З розвитком технологій зростає потреба в системах, здатних не лише фіксувати події проникнення, а й своєчасно реагувати на загрози ще на етапі їх виникнення. Одним із важливих напрямів забезпечення безпеки є моніторинг стану, які часто виступають вразливими елементами будівель.

Існуючі системи сигналізації переважно реагують на вторгнення вже після його здійснення, тоді як новітні підходи передбачають виявлення пошкоджень конструкцій. Зокрема, інтелектуальні сенсорні системи на базі мікроконтролерів та бездротових технологій дозволяють виявити фізичні впливи на скло.

Метою даної дипломної роботи є розробка та аналіз програмно–технічного засобу для моніторингу стану скла, який складається з двох пов'язаних модулів: сенсорного блоку, встановленого безпосередньо на віконні, та приймального блоку, що забезпечує обробку сигналів і передачу даних користувачу. Для досягнення цієї мети передбачено вибір оптимальних апаратних компонентів, реалізацію алгоритмів роботи, створення функціональних схем, а також макетування інтерфейсу мобільного додатка для зручного керування системою.

Актуальність теми зумовлена широким застосуванням скла у сучасній архітектурі та потребою в доступних і технологічно простих рішеннях для його захисту. Практична цінність роботи полягає у можливості застосування розробленої системи в реальних умовах для охорони житла, офісів, банківських установ, а також для подальшого вдосконалення у сфері IoT–технологій.

						Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТА ОПОВІЩЕННЯ ПРО ПОШКОДЖЕННЯ СКЛА

На сучасному етапі розвитку технологій та суспільства, культури скло займає одне з важливих місць в житті людини кожний день. Ми навіть не замислюємося наскільки часто взаємодіємо, з склом як не дивно коли ми відволікаємося на звуки з вулиці, ми все рівно дивимося на вікно яке зроблене з скла. Навіть ті хто майже в день не звертаючи увагу дивляться на скло. Незважаючи на широке використання скла, матеріал не змінює свою властивість бути крихким і чутливим до пошкоджень. Водночас скло має низку переваг прозорість, високу міцність на стискання і хімічну інертність. Ці властивості роблять його незамінним у багатьох галузях від архітектури до енергетики.

Цікавим прикладом унікальної поведінки скла є так звані „Голландські краплі“ об’єкти, що утворюються, коли розплавлена скляна крапля потрапляє у воду й миттєво охолоджується. Їхня основна частина здатна витримати сильні удари, наприклад, навіть ковадлом, проте достатньо порушити цілісність хвостової частини і вся крапля розлітається на дрібні уламки. Це демонструє наскільки навіть незначний дефект у склі може спричинити серйозні наслідки руйнування конструкції, зниження безпеки, і через це йде наслідком фінансова втрата.

З огляду на це, розробка та впровадження ефективних систем моніторингу та оповіщення про пошкодження скла є важливим. Такі системи мають забезпечувати швидке виявлення механічних дефектів та оперативне інформування відповідних служб або користувачів. Це дозволить запобігти аварійним ситуаціям і продовжити термін експлуатації скла в конструкціях.

1.1 Види пошкоджень скла

Скло це поширений матеріал, який ми часто використовуємо в різних сферах. Попри його переваги, воно має одну важливу особливість воно легко

					Арк.
					5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	

пошкоджується. Саме тому варто розібратися, які види пошкоджень скла існують, як вони впливають на нього і чи можливо виявити потенційні дефекти ще до того, як вони проявляться на практиці.

1.1.1 Механічні пошкодження

Механічні пошкодження скла це одна з найчастіших і критичних важливих проблем у роботі зі скляними виробами. Вони виникають через зовнішній вплив фізичних чинників, таких як вібрація, навантаження, тертя чи удари. Головними видами механічних пошкоджень є тріщини, відколи, подряпини та повне руйнування. Одну з особливо небезпечних пошкоджень становлять мікротріщини, які можуть бути непомітними для зору, але з часом призводять до радикального послаблення або втрати цілісності матеріалу.

Початок появи таких недоліків можуть критися як у випадкових механічних впливах, так і в систематичних навантаженнях у виробничому просторі. Незважаючи на свою високу твердість, скло залишається матеріалом крихким. Воно непогано чинить опір стисканню, але має обмежену міцність на розтяг та згин. Через це, навіть незначна деформація може призвести до появи тріщин чи несправностей. В окремих випадках, наприклад, із загартованим склом, руйнування здатне відбутися раптово у вигляді вибухового розсипання.

1.1.2 Термічні пошкодження

Термічні пошкодження скляних поверхонь з'являються внаслідок впливу високих температур або раптових їх коливань. Скло є матеріалом з обмеженою теплопровідністю та значним коефіцієнтом розширення при нагріванні, демонструє підвищену чутливість до різких змін температурного режиму. Несподівана зміна температури дія на структуру скла негативно якщо розглядати приклад поливання розігрітого скла крижаною водою, може призвести до

						Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

термічного шоку, що виражається в тріщинах або повному руйнуванні скляного виробу через внутрішні напруження.

Найбільш вразливі серед матеріалів це звичайне віконне скло, скляні фасади будівель, лабораторне устаткування та побутові прилади. В особливих умовах, на виробничих підприємствах або на об'єктах енергетики, термічні деформації можуть мати критичне значення. Бодай товсте або загартоване скло не завжди здатне витримати значні температурні коливання, не зазнаючи погіршення своїх властивостей.

1.1.3 Хімічні пошкодження

Хімічне пошкодження скла спричинене взаємодією з агресивними середовищами, зокрема з кислотами, лугами або активними випарами. Зазвичай скло вважається хімічно не активним матеріалом, однак тривалий контакт з певними речовинами, особливо за підвищеної температури чи тиску, може призвести до його знищення.

Найбільш чутливими до хімічних факторів є поверхневі шари скла. Вони можуть втрачати свою прозорість, покриватися нальотом, тьмяніти або навіть зазнавати корозії. Зокрема беручи приклад плавикової кислоти у якої здібність активно розчиняти скло, а деякі луги призводять до послаблення структури на поверхні матеріалу. У промисловості, де скло виконує роль захисного чи функціонального компонента в хімічних реакторах, лабораторному посуді або резервуарах, хімічна стійкість матеріалу відіграє ключову роль.

1.1.4 Атмосферні пошкодження

Атмосферні пошкодження спричинені впливом навколишнього середовища, серед яких погодних умов є вітер, опади у вигляді дощу та снігу, коливання температур, ультрафіолетове випромінювання, частинки пилу, піску та багато

								Арк.
								7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				

інших чинників. Одні з вразливих є скляні фасади, вікна, світлопрозорі конструкції, що взаємодіють з атмосферою.

Через деякий невизначений час атмосферні чинники можуть спричиняти ерозію поверхні, виникнення мікроскопічних подряпин, втрату блиску, зміни відтінку або навіть суттєві структурні пошкодження. Беручи увагу на потужні вітри, які женуть з собою піщинки, функціонують як наждачний папір, повільно зношуючи зовнішній шар матеріалу. Тривала дія ультрафіолетового випромінювання негативно впливає на оптичні характеристики певних типів скла, як-от тих, що мають полімерне покриття.

Вологість повітря, що супроводжує кислотні опади, також запускає хімічні процеси, які руйнують поверхні. У місцях зі суворими зимами значні перепади температур викликають циклічне розширення та стиснення матеріалів, що з часом приводить до утворення тріщин.

1.1.5 Виробничі дефекти

Виробничі дефекти скла це пошкодження, що виникають в процесі його виготовлення на поверхні, чи всередині самого виробу. Початок цієї проблеми криється у недосконалостях виробничого циклу. Наприклад, це може бути неналежне змішування сировини, присутність сторонніх часточок які можуть пошкоджувати сировину, неточна форма скляної форми, невірний або нерівномірний процес нагрівання та охолодження.

До поширеніших виробничих вад належать повітряні бульбашки всередині матеріалу, внутрішні напруження, наявність сторонніх часток як шматків металу, розшарування, нерівномірна товщина, хвилясті поверхні та мікротріщини. Частіше, ці дефекти не виявляються при звичайному візуальному огляді, але вони можуть стати критичними в процесі експлуатації, особливо у випадках, коли безпека є пріоритетом, як-от у виробництві скла для скління, автомобілів чи електроніки.

						Арк.
						8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1.2 Методи виявлення пошкоджень скла

Виявлення ушкоджень скла на ранніх стадіях є одним із ключових елементів для гарантування безпеки та тривалості конструкцій де воно і застосовується. Оскільки скло має властивість крихкості та схильне до мікротріщин, швидка та досконала діагностика його стану допомагає уникнути аварійних ситуацій та зменшити витрати на ремонт чи заміну. Сучасні технологічні рішення дають змогу використовувати багато точних методів для виявлення механічних дефектів у скляних виробках.

Розглянемо акустичні сенсори які є дієвим способом діагностики, до яких зараховують мікрофони й п'єзоелементи. Їхній принцип дії ґрунтується на фіксації звукових хвиль, що виникають у випадку появи тріщин або деформацій у матеріалі. Коли в склі виникає мікротріщина, це супроводжується вивільненням акустичної енергії, яка вловлюється датчиками. Використовуючи аналіз частоти, амплітуди й тривалості таких сигналів, можна не лише виявити сам факт пошкодження, а й визначити його місце знаходження та критичність. Акустичний метод є безконтактним, неінвазивним і придатним для безперервного моніторингу.

До сучасних безконтактних підходів зараховують і оптичні методи, як інфрачервоне сканування та лазерне. Інфрачервона діагностика дає можливість виявляти сховані внутрішні дефекти, зміни теплопровідності у місцях пошкоджень, плюс аномалії, зумовлені термічними навантаженнями. Лазерне сканування, дає змогу з високою точністю реєструвати мікротріщини й деформації на скляній поверхні. Ці методи використовують в автоматизованих системах технічного огляду в будівництві, авіації, автомобілебудуванні та інших галузях.

Один способів як можна використати датчики напруги та деформації що є ефективним методом . З їхньою допомогою можна постійно моніторити величину

								Арк.
								9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				

механічного навантаження, яке впливає на скляну поверхню. Коли скло піддається деформації, сенсори реєструють зміни у внутрішній структурі матеріалу, що може сигналізувати про майбутні ушкодження. Ці технології знайшли широке застосування у великогабаритних скляних фасадах, сонячних панелях, транспортних засобах та різних інженерних конструкціях, де надійність матеріалу має першорядне значення

1.3 Методи сповіщень

Своєчасне виявлення дефектів скла має значення, якщо інформація про них оперативно доноситься до зацікавлених осіб. Відтак, методи сповіщення є критично важливими для систем моніторингу скляних предметів. Головна задача таких методів полягає в негайному інформуванні користувачів, технічного персоналу або автоматизованих систем управління про знайдені пошкодження, щоб забезпечити швидке реагування та усунення загроз. Вибір конкретного методу сповіщення залежить від розмірів об'єкта, рівня автоматизації та специфіки системи.

Найбільш поширеним способом є електронне сповіщення через повідомлення, що передаються каналами з проводами або без них. Коли фіксується ушкодження, система формує сигнал, що прямує до центрального контролера чи на сервер спостереження. Далі відбувається автоматичне відправлення SMS, електронних листів, push-сповіщень або повідомлень через спеціалізовані мобільні додатки. Такий метод забезпечує швидку реакцію, навіть якщо об'єкти знаходяться далеко або до них важко дістатися.

На промислових підприємствах, будівничих майданчиках чи в транспортних системах широко використовуються світлові індикатори як світлодіоди, сигнальні лампи та звукові сповіщувачі. Вони негайно сповіщають персонал про виявлені несправності. Перевага такого способу сповіщення полягає в простоті впровадження, швидкості реакції та наочності. При виявленні

						Арк.
						10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

критичної напруги у склі на екрані керування спалахує червона лампа або лунає сирена, що сигналізує про необхідність перевірки чи евакуації.

У сучасних розумних будинках чи об'єктах критичної інфраструктури механізми сповіщення інтегруються в комплексну систему управління. У разі пошкодження скляної панелі система може автоматично запустити аварійний режим, заблокувати доступ до конкретної зони або активувати відеоспостереження. Ця тісна взаємодія з IoT-технологіями гарантує високий рівень безпеки та адаптивність у реагуванні на надзвичайні ситуації.

Сучасні системи сповіщення, як правило, спираються на хмарні платформи. Це гарантує цілодобовий доступ до інформації моніторингу через мережу.

1.4 Огляд існуючих систем моніторингу скла

З розвитком техніки все більше оснащуються системами спостереження за станом скла. Ці системи дозволяють розпізнавати пошкодження на самих ранніх етапах, миттєво реагувати на небезпеку та гарантувати безпечну експлуатацію об'єкта. На ринку доступна низка комерційних рішень, що вже використовуються у різних сферах діяльності.

Одним з найвідоміших прикладів – AjaxSystems, український розробник охоронних комплексів. Компанія постачає бездротові датчики для фіксації розбиття скла, наприклад GlassProtect. Сенсор реагує на специфічний звук розбиття скла, використовуючи алгоритми аналізу звукового спектру. Завдяки цьому, він може відрізнити реальну небезпеку від сторонніх шумів, що мінімізує хибні тривоги. Ajax славиться інтуїтивним інтерфейсом, зручним мобільним додатком, а також можливістю інтеграції з іншими системами безпеки. Іншим розповсюдженим варіантом є системи Hikvision, які об'єднують відеоспостереження та детектори розбиття скла. Окремі моделі камер оснащені вбудованими мікрофонами або сенсорами звуку, що дозволяють виявляти акустичні аномалії. Інтеграція з аналітичними модулями забезпечує не лише

фіксацію факту пошкодження, а й запис відео події, що критично важливо для об'єктів з підвищеними вимогами до безпеки.

На ринку також є багато аналогових систем, побудованих на простих механічних датчиках удару або тиску. Вони використовуються в бюджетних об'єктах, де вимагається базовий рівень захисту.

Попри всю функціональну повноту, готові системи моніторингу скла нерідко наштовхуються на певні проблеми, які заважають їхньому широкому застосуванню. Переважно комерційні датчики орієнтовані на фіксацію вже сталого руйнування, але не здатні розпізнати механічні навантаження чи мікротріщини, які передують пошкодженню, що вказує на низьку чутливість таких систем. Більше того, деякі рішення не забезпечують високої точності у визначенні місця пошкодження, що ускладнює процес обслуговування великих скляних поверхонь. Ще однією проблемою є хибні спрацьовування: зовнішні шуми, вібрації або атмосферні впливи здатні провокувати помилкові тривоги, особливо у системах з низьким порогом чутливості. Суттєвим обмеженням також є значні витрати – багато сучасних рішень потребують значних фінансових вкладень як при купівлі, так і під час налаштування та подальшого обслуговування. На додачу, комерційні системи зазвичай не містять вбудованих модулів прогнозування або оцінки залишкового ресурсу скляних конструкцій, що свідчить про недостатність аналітики та обмежує можливості проактивного управління технічним станом об'єкта.

1.5 Захист скла від зовнішніх пошкоджень

Включаючи різні методи в захист скла, залежно від типу скла та мети захисту.

Виберемо пару способів для захисту як від уламків при вибуху так і захист від подряпин. Огляньмо методи для захисту скла від уламків як скоч і бронеплівка, скоч використовується як зв'язувальна речовина щоб скло при

розбиті не розліталосся при розбиті, їх наклеюють у вигляді сітки, а бронеплівка накладається на скло для додаткового зміцнення. У захисті від подряпин та ударів використовується дві плівки гідрогелева та антивандальна та гартоване скло. Оглянемо ще пару видів захисту як металеві ґрати, захисні рулети, триплекс, броньовані віконні конструкції. Розглянемо їх, металеві ґрати монтують на вікна, зазвичай на перших поверхах шкільних будівель, де є загроза проникнення або актів вандалізму. Їхня перевага це значна міцність, легкість конструкції та порівняно низька ціна. До недоліків варто віднести погіршення естетичного вигляду споруди, а також можливі ускладнення під час евакуації у разі надзвичайних подій. Захисні рулети це металеві або пластикові щити, які опускаються вниз і цілком затуляють скло. Управління ними може бути ручним або автоматичним. Ролети, крім захисту від ударів, забезпечують захист від шуму, вітру та сонячного проміння. Їх зручність полягає у можливості повного відкриття, при цьому вони не змінюють зовнішній вигляд вікна у відкритому положенні. Триплекс це скло яке формується з декількох з'єднаних разом шарів за допомогою особливої плівки. У разі пошкодження осколки утримуються на місці, мінімізуючи ймовірність травмування і є відносно дорогим. Броньовані вікна застосовують в об'єктах підвищеної важливості як банківські установи, дипломатичні представництва, військові об'єкти. Скло, що використовується, має куленепробивні властивості або надзвичайно високу міцність. Це найбільш захищений варіант, проте він також є найдорожчим.

1.6 Порівняльний аналіз існуючих рішень

На сьогодні існує декілька основних стратегій для спостереження за станом скла та виявлення його ушкоджень. Ці стратегії можна розподілити за різними критеріями, зокрема, за технологією виявлення пошкоджень, типом сенсорів, що використовуються, і рівнем автоматизації процесу. Основними підходами є

					Арк.
					13
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	

візуальний огляд, використання сенсорних плівок, акустичний моніторинг, оптичні методи, а також бездротові системи IoT.

У сучасній практиці існує декілька методів виявлення та моніторингу пошкоджень скла, кожен з яких має свої сильні та слабкі сторони. Найпростіший метод візуальний огляд, що не потребує складного обладнання, є доступним та економічним. Проте він значною мірою залежить від кваліфікації оператора, не здатний виявляти мікротріщини та не підходить для постійного контролю.

Покращеним варіантом є застосування сенсорних плівок, що дозволяють виявляти ушкодження через зміни електричних властивостей. Такі системи можуть інтегруватися у скло ще на етапі виробництва, забезпечуючи раннє виявлення дефектів. Однак вартість таких рішень є відносно високою, а також існує ризик зменшення прозорості скла, що не завжди є прийнятним з естетичної чи функціональної точки зору.

Акустичні методи, зокрема моніторинг на основі акустичної емісії, демонструють високу чутливість до механічних змін у скляному матеріалі. Вони дозволяють не тільки фіксувати появу тріщин, а й визначати їх розташування. Проте такі системи потребують складного апаратного забезпечення та ретельного налаштування для зменшення впливу зовнішніх шумів, які можуть спричинити хибні спрацьовування. Оптичні методи, зокрема використання лазерів або відеокамер високої роздільної здатності, забезпечують надзвичайну точність у виявленні мікропошкоджень, особливо на гладеньких поверхнях скла. Проте їх застосування передбачає наявність дорогого обладнання, а також необхідність у специфічних умовах освітлення, що обмежує застосування таких рішень у деяких умовах.

Найбільш перспективним є підхід, заснований на використанні інтелектуальних бездротових систем (IoT). Вони дозволяють здійснювати постійний збір даних у реальному часі, автоматично аналізувати показники та надсилати сповіщення у разі виявлення дефектів. Такі системи легко інтегруються з іншими компонентами «розумної» інфраструктури, забезпечуючи надійність,

						Арк.
						14
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

дистанційне керування та масштабованість. Разом з тим, впровадження таких технологій вимагає значних фінансових витрат на етапі розгортання та подальшого обслуговування. Підтримка стабільної роботи IoT-систем також потребує спеціалізованих знань та інфраструктури.

Таким чином, кожне з рішень від найпростіших візуальних до високотехнологічних IoT має свою сферу застосування, що залежить від вимог до точності, оперативності, вартості та умов експлуатації. На практиці найефективнішим часто є комбінування декількох підходів, що дозволяє компенсувати недоліки кожного окремо та досягти максимальної ефективності системи моніторингу пошкоджень скла.

Кожен із зазначених методів має свої переваги та недоліки, і вибір оптимального рішення залежить від конкретних умов експлуатації скла, бюджету проекту та вимог до точності і швидкості виявлення ушкоджень. Комбінація кількох підходів, наприклад, акустичний моніторинг у поєднанні з інтелектуальними бездротовими системами IoT, може забезпечити високу надійність і точність моніторингу.

1.7 Постановка задачі

У відповідь на зрослу потребу в посиленні безпеки об'єктів, де скло виступає як структурний або оздоблювальний елемент, набуває значущості розробка ефективної системи моніторингу та оповіщення про його пошкодження. Пошкодження скла можуть виникати з різних причин, від механічних впливів, наприклад, ударів, до термічних або хімічних факторів, і в багатьох випадках вони не є очевидними, що збільшує ймовірність пізньої реакції на потенційну небезпеку.

У рамках даного дослідження ставиться задача розробки концепції системи, яка здатна:

- виявляти пошкодження скла;

- оперативно повідомляти про інцидент;
- аналізувати параметри навколишнього середовища;
- забезпечувати зручний інтерфейс для обробки отриманих даних;
- бути масштабованою та інтегрованою з іншими системами безпеки.

Для виконання цього завдання потрібно проаналізувати наявні способи виявлення дефектів, встановити найефективніші шляхи впровадження сенсорного контролю, а також розробити структуру системи моніторингу та механізми оповіщення. Який буде досліджено в 2 розділі .

1.8 Висновок до першого розділу

У першому розділі ми зосередились на аналізі загальних проблемах ушкоджень скла, а також обґрунтували важливість впровадження ефективних систем спостереження. Було розглянуто ключові типи пошкоджень, серед яких механічні, термічні, хімічні впливи, атмосферні фактори та виробничі недоліки. Окремо було виділено наслідки таких пошкоджень для безпеки людей, конструкцій та об'єктів в цілому.

На підставі здійсненого аналізу було сформульовано основну мету дипломного дослідження, яка зосереджується на розробці системи моніторингу та надсилання сповіщень про пошкодження скляних конструкцій з застосуванням передових технологічних рішень. Ця система повинна забезпечувати оперативне виявлення дефектів, що сприятиме зменшенню ризиків, пов'язаних з використанням скла у відповідальних будівельних елементах. У подальших розділах буде здійснено огляд наявних технологій, проведено оцінку можливих варіантів реалізації та представлено авторську концепцію системи.

2 РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ОПОВІЩЕННЯ ПРО ПОШКОДЖЕННЯ СКЛА

2.1 Формулювання вимог до програмно–технічного засобу для системи моніторингу пошкодження скла

Практична частина дипломної роботи присвячена створенню аналогової системи моніторингу пошкодження скла. Така система має виявляти удари або тріщини на скляних поверхнях, обробляти сигнал за допомогою мікроконтролера та передавати повідомлення користувачеві через обраний канал зв'язку.

Мета це розробити доступну та ефективну систему, яка може використовуватись у побутових , цивільних і військових або офісних приміщень. У цьому розділі розглядається реалізація конкретного технічного рішення із застосуванням вібраційного сенсора, мікроконтролера з можливістю бездротового зв'язку та програмної логіки для реагування на подію. Також буде проведено порівняння реалізованої системи з альтернативними підходами з точки зору точності, вартості, енергоспоживання та складності реалізації.

2.2 Аналіз варіантів реалізації системи захисту скла

Існують кілька технічних способів збірок систем, які здатні реагувати на пошкодження скла. Найбільш уживаними серед них є застосування акустичних сенсорів, вібраційних датчиків та оптичних компонентів. Кожен з цих методів має власні плюси та мінуси, що визначають доцільність їх використання в конкретних обставинах.

Акустичні датчики реагують на специфічний звук розбитого вікна. Вони здатні аналізувати частотні параметри удару або тріску, що забезпечує високий ступінь точності виявлення. Разом з цим, ці сенсори можуть бути сприйнятливі до зовнішніх шумів, що спричиняє хибні тривоги. До того ж, їх ціна та вимоги до налаштування роблять цей метод менш привабливим для економних проектів.

								Арк.
								17
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				

Вібраційні сенсори, на противагу, функціонують через виявлення фізичних вібрацій, що з'являються в момент удару по склу. Один з найвідоміших сенсорів цього типу – SW-420, котрий активується при вібраціях або раптових поштовхах.

Оптичні сенсори базуються на відстеженні світлового променя, який проходить через або уздовж скляної поверхні. Якщо відбувається пошкодження чи виникає тріщина, спостерігається зміна у відбитті або заломленні світла, що дає змогу зареєструвати таку подію. Ці системи вирізняються високою точністю, але мають складну конструкцію, вимагають точного розташування складових та значних капіталовкладень для втілення.

Ще одним перспективним шляхом удосконалення захисту скла є інтеграція лазерної технології з вібраційними та акустичними датчиками. За цією концепцією передбачено скло, оброблене особливим складом, що реагує на лазерне випромінювання, відбиваючи його. Це дає змогу безперервно моніторити цілісність прозорої поверхні.

Одним з прикладів, що міг би використовуватися задля проекту, є сигналізація, що базується на прозорих провідниках, вмонтованих в скло. Таку технологію можна зустріти в банках, де монтують особливе армоване скло або скло з тоненькими струмопровідними лініями. Поки ці лінії неушкоджені електричне коло залишається замкненим, і система працює у режимі очікування. Якщо скляна панель розбивається або надламується, провідники руйнуються, що розриває коло й активує сигнал тривоги, який передається на модуль охорони.

Технічно ця система характеризується високою надійністю в умовах монтажу, проте має певні обмеження. Вона потребує використання спеціального скла з інтегрованими струмопровідними компонентами, що збільшує загальну вартість, також вона мало підходить для модернізації наявних вікон, адже для вбудовування таких сенсорів необхідно повністю замінювати скло. Крім того, у випадках, коли скло зазнає тільки мікроскопічних ушкоджень або тріщин без повного порушення цілісності провідника, система може залишатися неактивною.

						Арк.
						18
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Попри зазначені особливості, дана технологія демонструє ключову ідею використання структури самого скла як сенсорного елемента, що також буде застосовується в наступній лазерній моделі, хоча й з використанням оптичних принципів замість електричних.

Запропонована система ймовірно буде реалізовано в дипломній роботі яка має дворівневу архітектуру та складається з двох взаємопов'язаних вузлів. Перший автономний модуль, вбудований у конструкцію вікна. До його складу входить лазерний передавач, який підбирає кут випромінювання так, щоб сигнал стабільно потрапляв на приймальний датчик. Порушення структури скла як—от тріщина або розбиття спричиняє зміну відбиття променя, що миттєво фіксується приймачем. Додатково цей модуль оснащено вібраційним сенсором , який спрацьовує при механічному ударі або тремтінні поверхні.

Другий модуль встановлюється в окремому місці, наприклад, на стіні приміщення. Його основним елементом є акустичний контролер, здатний виявляти характерний звук розбитого скла. Оскільки цей звук має специфічну частотну характеристику, датчик може досить точно ідентифікувати саме такий тип події. Цей модуль також виконує роль централі він отримує сигнали від першого блоку за допомогою бездротового зв'язку обробляє їх і, у разі підтвердження загрози, надсилає повідомлення на мобільний застосунок користувача.

Для підвищення надійності передбачається дублювання. Іншими словами якщо розіб'ється скло, то вібраційний сенсор зреагує на поштовх, лазерний на зміну відбиття, а акустичний на звук розбиття.

2.3 Опис системи та вибір компонентів

Після аналізу доступних підходів до побудови системи захисту скла було прийнято рішення створити прототип після вибору компонентів. Спочатку для реалізації системи моніторингу та оповіщення про пошкодження скла була обрана

						Арк.
						19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

дворівнева архітектура, яка використовує два окремих модуля. Перший модуль монтується у віконній конструкції та деякі елементи притискаються до скла, він використовує функції детекції фізичних пошкоджень. Другий модуль встановлюється в приміщенні на стіні напроти скла з першим датчиком, він відповідає за обробку сигналів та передачу інформації на мобільний пристрій.

Основні компоненти першого модуля (віконний блок) :

- лазерний модуль;
- фотодіод або фототранзистор;
- вібраційний сенсор;
- мікроконтролер;
- живлення;
- модуль бездротової передачі.

Другий модуль (настінний блок):

- акустичний сенсор;
- мікроконтролер;
- модуль Wi-Fi (вбудований);
- живлення.

Після визначення поділу пристрою на два окремих модуля віконний блок та приймальний блок, необхідно підібрати електронні компоненти, які забезпечать роботу системи моніторингу та оповіщення про пошкодження скла. Основними критеріями при виборі комплектуючих є точність виявлення, енергоспоживання, сумісність з мікроконтролерами та можливість автономної роботи. Для цього ми створимо таблиці для порівняння та виберемо найкращий варіант.

Таблиця 2.1 – Лазерний модуль

Компонент	KY-008 (650nm, 5mW)	TO-18 LaserDiode
Назва модуля	KY-008	TO-18
Напруга живлення (В)	5	5
Потужність	5 мВт	5 мВт

Кінець таблиці 2.1

Споживання енергії	Низьке	Низьке
Ціна (USD)	0,8	1,2
Складність інтеграції	Легка	Середня
Примітка	Має вбудований резистор	Потребує обмежувального резистора

Таблиця 2.2 – Фотоприймач

Компонент	ArduinoNano	ESP32	ESP8266 (NodeMCU)
Напруга живлення (В)	5	3.3	3.3
Частота процесора (МГц)	16	160/240	80/160
ОЗП (КБ)	2	520	160
Flash-пам'ять (КБ/МБ)	32	до 16 МБ	1-4 МБ
Кількість GPIO	14	~30	11
Вбудований Wi-Fi	Ні	Так	Так
Вбудований Bluetooth	Ні	Так (BLE, класичний)	Ні
Споживання енергії	Середнє	Від низького до високого	Низьке
Простота програмування	Висока	Середня	Середня
Ціна (USD)	3.0	5.0	2.5
Примітка	Добре для простих задач	Потужний і функціональний	Ідеальний для Wi-Fi проєктів

Таблиця 2.3 – Мікроконтролер

Компонент	SW-420	SW-520D
Тип	Цифровий вібраційний сенсор	Цифровий вібраційний сенсор (нахил/удар)
Напруга живлення (В)	3.3 – 5	3.3 – 5
Споживання струму	Дуже низьке (~1 мА)	Дуже низьке (~1 мА)
Принцип роботи	Відкриває/закриває контакт при вібрації	Реагує на нахил, удар або вібрацію
Чутливість	Середня (налаштовується потенціометром)	Нижча, не налаштовується вручну
Сигнал на виході	Цифровий (LOW при спрацюванні)	Цифровий (LOW при спрацюванні)
Наявність регулювання	Так (вбудований компаратор і потенціометр)	Ні
Механічна міцність	Вища	Трохи нижча (більш чутливий до навантажень)
Ціна (USD)	~1.0	~0.8
Надійність сигналу	Вища (менше хибних спрацювань)	Більш примітивний механізм
Примітка	Часто використовується у сигналізаціях	Простий варіант для базових задач

Таблиця 2.4 – Вібраційний сенсор

Компонент	KY-038	MAX9814	SPW2430(I2S)
Тип	Аналоговий/цифровий мікрофон	Автоматичне посилення (AGC)	Цифровий MEMS

Кінець таблиці 2.4

Напруга живлення (В)	3.3 – 5	2.7 – 5.5	3.3
Сигнал на виході	Аналоговий і цифровий	Аналоговий	I2S (цифровий аудіо інтерфейс)
Особливості	Дуже простий, дешевий	Низький шум, AGC, висока чутливість	Висока якість, цифровий вихід
Налаштування чутливості	Потенціометр	Автоматично	Через програму
Застосування	Грубе виявлення гучних звуків	Голосові команди, точне виявлення	Якісний запис звуку
Ціна (USD)	~0.7	~2.5	~4.0
Надійність	Низька	Середня / Висока	Висока

Таблиця 2.5 – Акустичний сенсор

Компонент	KY-038	MAX9814	SPW2430(I2S)
Тип	Аналоговий/цифровий мікрофон	Автоматичне посилення (AGC)	Цифровий MEMS
Напруга живлення (В)	3.3 – 5	2.7 – 5.5	3.3
Сигнал на виході	Аналоговий і цифровий	Аналоговий	I2S (цифровий аудіо інтерфейс)
Особливості	Дуже простий, дешевий	Низький шум, AGC, висока чутливість	Висока якість, цифровий вихід
Налаштування чутливості	Потенціометр	Автоматично	Через програму
Застосування	Грубе виявлення гучних звуків	Голосові команди, точне виявлення	Якісний запис звуку

Кінець таблиці 2.5

Ціна (USD)	~0.7	~2.5	~4.0
Надійність	Низька	Середня / Висока	Висока

Таблиця 2.6 – Модуль бездротової передачі

Компонент	NRF24L01	HC-12	LoRa SX1278
Частота	2.4 ГГц, SPI	433 МГц, UART	433/868 МГц, SPI
Дальність дії (м)	до 100	до 1000	до 5 км (на відкритій місцевості)
Напруга живлення (В)	3.3	3.2 – 5.5	1.8 – 3.7
Складність використання	Середня	Легка	Складна (потребує налаштувань)
Швидкість передачі	До 2 Мбіт/с	До 115200 біт/с	~300 кбіт/с
Захищеність	Слабка	Середня	Висока (кодовий захист, CRC)
Ціна (USD)	~1.5	~3.0	~5.0

Таблиця 2.7 – Живлення

Компонент	Li-ion 18650	Блок живлення 5В (адаптер)	Павербанк USB
Тип	Акумулятор	Мережевий адаптер	Акумулятор з USB-інтерфейсом
Напруга виходу (В)	3.7	5.0	5.0

Кінець таблиці 2.7

Ємність	1200–3000 мАг	Не обмежена	2000–10000 мАг
Переваги	Автономність, компактність	Стабільне живлення	Мобільність, простота підключення
Недоліки	Потребує контролера заряду	Немає автономності	Залежить від розміру та ємності
Ціна (USD)	~2.0	~3.0	~5.0–10.0

На основі детального порівняння та аналізу вимог до системи моніторингу та оповіщення про пошкодження скла, ми обрали оптимальні компоненти для кожного з модулів, які найкраще відповідають критеріям виявленням, сумісності, енергоспоживання та можливості автономної роботи.

Для віконного модуля, важливим є швидке та надійне виявлення перешкод і вібрацій, а також можливість роботи від батареї. Вибір фотоприймач SFH203 для лазерного приймача, попри необхідність у додатковому підсиленні, зумовлений його високою швидкістю відгуку, що забезпечує миттєву реєстрацію переривання лазерного променя, характеристику якого можна побачити в таблиці 2.2. Це є ключовим для оперативного сповіщення. Вібраційний сенсор SW-420 був обраний завдяки його достатній чутливості до дрібних вібрацій, які можуть виникати при пошкодженні вікна, і простий в інтеграції, в порівнянні з SW-520D о наведено в Таблиці 2.4. В якості "мозку" цього модуля обрано ESP8266 (NodeMCU), адже він не тільки має достатню обчислювальну потужність для обробки сигналів від датчиків, але й вбудований Wi-Fi модуль відкриває двері для подальшої інтеграції та розширення функціоналу, наприклад, прямої передачі даних до хмарних сервісів показано в Таблиці 2.3. Живлення від Li-ion 18650 з відповідною обв'язкою дозволяє віконному блоку бути повністю автономним і мобільним, не прив'язаним до електромережі, також показанні характеристика в Таблиці 2.7. Для бездротової передачі даних між модулями обрано NRF24L01 як економічне та ефективне рішення для передачі коротких сигналів тривоги на

відносно невеликі відстані в межах будинку, як показано в Таблиці 2.6 що дальність дії до 100 метрів.

Щодо настінного блоку, його головне завдання якісний прийом сигналів від датчиків, аналіз акустичного середовища та оперативне оповіщення. Вибір мікроконтролера ESP32 є стратегічним, оскільки його значно вища обчислювальна потужність, вбудований Wi-Fi та Bluetooth, а також кращі аналогові входи дозволяють не лише ефективно приймати дані від NRF24L01, але й якісно обробляти аудіосигнал від MAX9814 що є акустичним сенсором який вказаний в Таблиці 2.5. Мікрофон MAX9814 з AGC (автоматичним регулюванням посилення) забезпечує стабільний і чистий аудіосигнал незалежно від гучності джерела, що критично для точного розпізнавання певних акустичних подій (наприклад, розбиття скла) без перевантаження або втрати деталей. Завдяки вбудованому Wi-Fi в ESP32, настінний блок може легко інтегруватися в домашню мережу та надсилати сповіщення на мобільні пристрої або до хмарних сервісів. Живлення від блоку живлення 5В є оптимальним для стаціонарного центру, забезпечуючи безперебійну роботу системи цілодобово.

Таким чином, обрана конфігурація компонентів дозволяє створити надійну, ефективну та масштабовану систему моніторингу, що поєднує точне виявлення фізичних подій як перетин променя, вібрація з можливостями акустичного аналізу та забезпечуючи своєчасне оповіщення про потенційні загрози.

2.4 Схема та принцип роботи системи

Запропонована система (Рисунок 2.3) складається з двох основних модулів: віконного блоку, що виконує функцію виявлення пошкоджень скла, та настінного приймального модуля, який забезпечує передачу отриманої інформації до користувача через мережу Wi-Fi.

Перший модуль розміщується безпосередньо у віконній рамі або поруч зі склом. Його завдання полягає у виявленні фізичних змін у стані скла, зокрема

						Арк.
						26
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

фіксації вібрацій та порушення оптичної цілісності. Для цього використовується лазерний модуль KY-008, спрямований на фотодіод SFH203, який фіксує проходження променя. У випадку появи тріщини, подряпини чи інших дефектів, які призводять до порушення геометрії скла, лазерний промінь або змінює напрям, або розсіюється, що призводить до зменшення інтенсивності світла на фотодіоді. Ця зміна перетворюється на аналоговий сигнал, що обробляється мікроконтролером ESP8266.

Крім того, віконний модуль оснащено вібраційним сенсором SW-420, що дозволяє реагувати на фізичні удари, спроби вибивання чи різке коливання скла. Цей сенсор формує цифровий сигнал при фіксації поштовху, який також обробляється мікроконтролером.

Для передачі даних з віконного модуля до настінного блоку використовується бездротовий модуль NRF24L01, що забезпечує енергоефективну передачу по протоколу SPI. Передбачено живлення віконного блоку від літій-іонного акумулятора типу 18650, з можливістю стабілізації та зарядки за допомогою окремого модуля живлення. Структурна схема показана на Рисунку 2.1

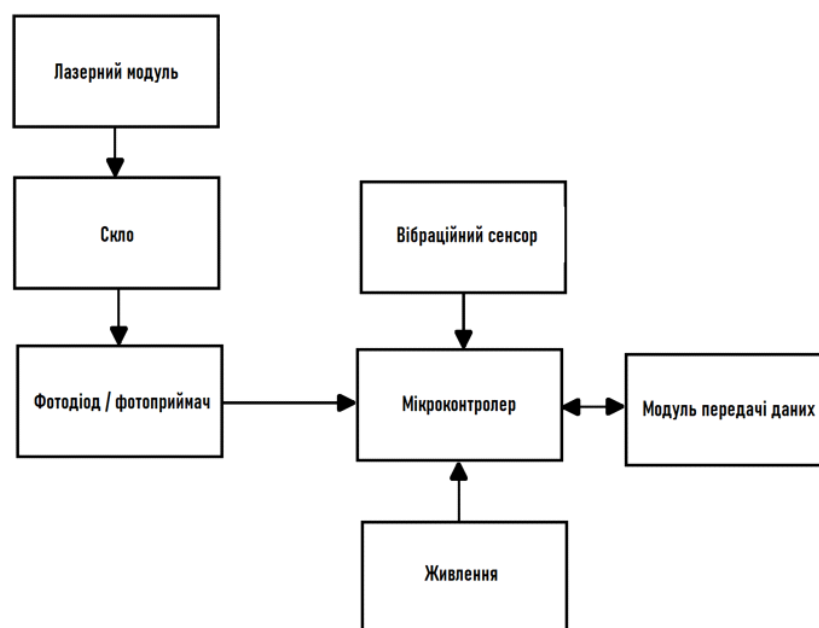


Рисунок 2.1 – Структурна схема віконного модуля

Другий модуль системи розміщується на стіні приміщення та виконує функцію центрального хабу. Його завдання в отриманні сигналу від віконного модуля, локальний аналіз звукового фону та передача повідомлення на сервер або мобільний пристрій. Прийом радіосигналу здійснюється за допомогою того ж модуля NRF24L01, який взаємодіє з ESP32 через SPI.

Додатково у другому модулі використовується високочутливий мікрофонний модуль MAX9814, здатний фіксувати гучні звуки як звук розбитого скла. Цей сигнал передається на аналоговий вхід ESP32, де відбувається цифрова обробка. При перевищенні певного порогового значення система розпізнає подію як небезпечну та ініціює сповіщення користувача.

Живлення настінного модуля забезпечується через блок живлення 5В або USB-павербанк, що спрощує його інтеграцію в інтер'єр без потреби у складному монтажі.



Рисунок 2.2 – Структурна схема настінного модуля

Таким чином, принцип роботи системи базується на комбінації оптичного, вібраційного та акустичного аналізу, де перший модуль виконує функцію сенсорного вузла, а другий комунікаційного та аналітичного. Уся архітектура

передбачає автономність першого блоку, гнучкість у налаштуванні чутливості та потенціал для подальшого масштабування.

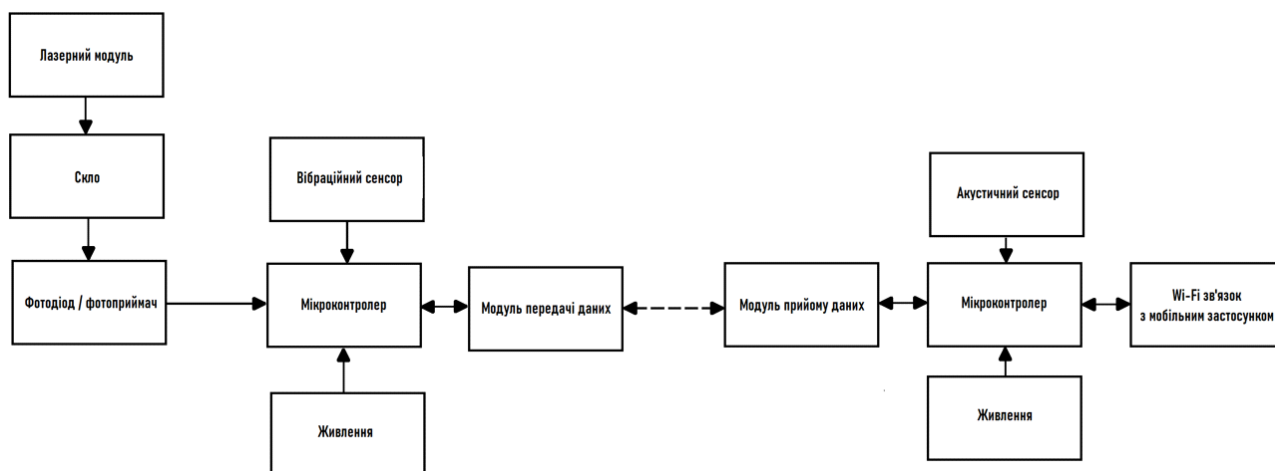


Рисунок 2.3 – Структурна схема системи пристроїв

2.5 Програмна реалізація та логіка роботи

Система складається з двох модулів, кожен з яких виконує окрему роль у виявленні пошкоджень скла та передачі інформації про подію. Програмне забезпечення реалізовано з урахуванням обмежень енергоспоживання, швидкодії, стабільності зв'язку і мінімізації помилкових спрацювань.

Логіка роботи першого модуля (віконний блок)

Основне завдання цього модуля це моніторинг цілісності скляної поверхні. Для цього використовується комбінація лазерного променя (KY-008), фотодіода (SFH203) та вібраційного сенсора (SW-420).

У звичайному стані лазер світить на фотодіод під заздалегідь визначеним кутом. Якщо промінь переривається через тріщину, зміщення, пошкодження або повне руйнування скла через це сигнал з фотодіода падає нижче встановленого порогу. Одночасно контролюється стан вібраційного сенсора, який реагує на фізичне тремтіння або удар.

Програма на мікроконтролері (ESP8266) постійно зчитує аналогове значення з фотодіода та цифрове значення з вібраційного сенсора. Якщо хоча б один із сенсорів подає сигнал про можливе пошкодження, виконується перевірка тривалості та інтенсивності події (наприклад, за допомогою таймера або кількох зчитувань підряд). У разі підтвердження модуль формує пакет даних і передає його через NRF24L01 до настінного модуля.

Всі ці дії реалізовані у вигляді нескінченного циклу з коротким інтервалом затримки, що забезпечує швидкий відгук системи. Мікроконтролер також контролює рівень заряду (опційно) і переходить у режим сну при відсутності активності, щоб економити енергію.

Логіка роботи другого модуля (настінний блок)

Другий модуль виступає як приймач сигналів від віконного блоку, а також самостійно аналізує акустичне середовище на наявність сильних шумів, характерних для розбиття скла. Акустичний сенсор MAX9814 передає аналоговий сигнал на ADC-вхід мікроконтролера ESP32.

У звичайному режимі ESP32 слухає ефір NRF24L01. При отриманні сигналу з першого модуля виконується перевірка його структури, фіксується час та тип події. Якщо дані достовірні в це момент система активує передачу повідомлення через Wi-Fi. Це може бути відправлення HTTP-запиту на сервер, надсилання push-повідомлення або оновлення мобільного застосунку.

Окрім цього, ESP32 паралельно зчитує рівень звуку з MAX9814. Якщо він перевищує заздалегідь заданий поріг (напр., 75 дБ), це також фіксується як потенційна подія. За бажанням користувача можна налаштувати подвійне підтвердження: подія вважається справжньою, лише коли активуються обидва джерела це сигнал з вікна і акустична аномалія.

Для стабільної роботи реалізовано механізм дебаунсу та фільтрації шумів, що дозволяє зменшити кількість хибних спрацьовувань. У разі помилки в передачі система здійснює повторну спробу надсилання або зберігає дані в черзі для наступної передачі при відновленні з'єднання.

						Арк.
						30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Загальна логіка зв'язку

Комунікація між модулями базується на бездротовому протоколі через модулі NRF24L01, які мають низьке енергоспоживання і підтримують двосторонній зв'язок. Віконний модуль виступає ініціатором передавання, а настінний приймачем.

Таким чином, система реагує лише на дійсні події пошкодження, комбінуючи дані з кількох сенсорів і забезпечуючи передачу повідомлень на мобільний пристрій користувача. Це дозволяє отримати надійну, розширювану та відносно енергоефективну систему моніторингу стану скла.

2.6 Прототип мобільного застосунку для користувача

Призначення застосунку полягає в тому щоб користувач міг контактувати з зручною системою моніторингу скла. Функцією програми є отримання сповіщень про пошкодження скла показана на рисунку 2.4, що передаються зі стаціонарного блоку, розташований у приміщенні. У разі виявлення тріщини, розбиття або аномального звуку, застосунок миттєво повідомляє користувача, дозволяючи оперативно зреагувати. Також інтерфейс надає доступ до журналу подій, інформації про статус підключення пристроїв та може містити базові параметри для налаштування роботи системи.

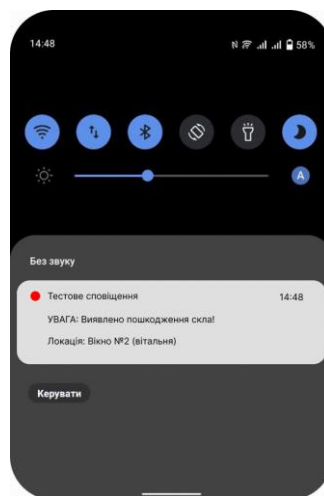


Рисунок 2.4 – Вигляд тестового оповіщення програми

									Арк.
									31
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

Інтерфейс мобільного застосунку розроблений з урахуванням простоти та інтуїтивності користування. Він складається з трьох основних екранів, кожен з яких виконує конкретне функціональне призначення.

Початковий екран (Рис. 2.5) це один з головних екранів він виконує як технічна функція для вибрання мови яка буде використовуватися в програмі. Він містить просту систему вибору та назву проекту, та спрощений інтерфейс як і використовуються у прототипах, як показано на рисунку доступно тільки дві мови українська та англійська, вибір між ними виконується за допомогою доторкання до кнопки.

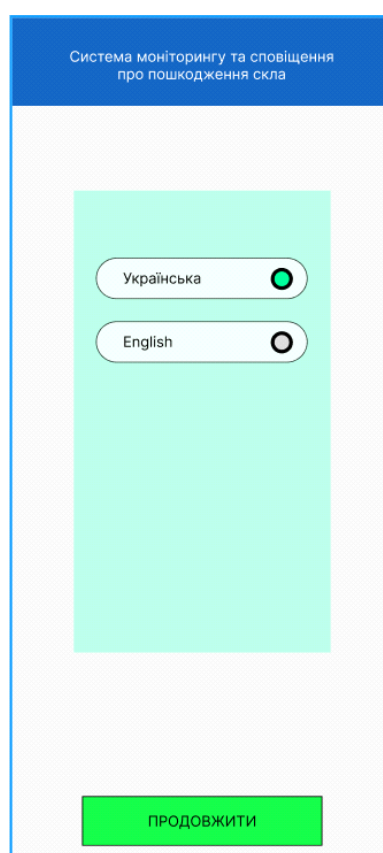


Рисунок 2.5 – Початковий екран

Головний екран (Рис. 2.6) надає загальний статус системи. Тут відображається поточний стан віконного модуля та останні зафіксовані події які доступні за кнопкою з надписом «Детально». Також є кнопка для додавання

						Арк.
						32
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

нових пристроїв завдяки їй користувач зможе додати пару десятків нових пристроїв.

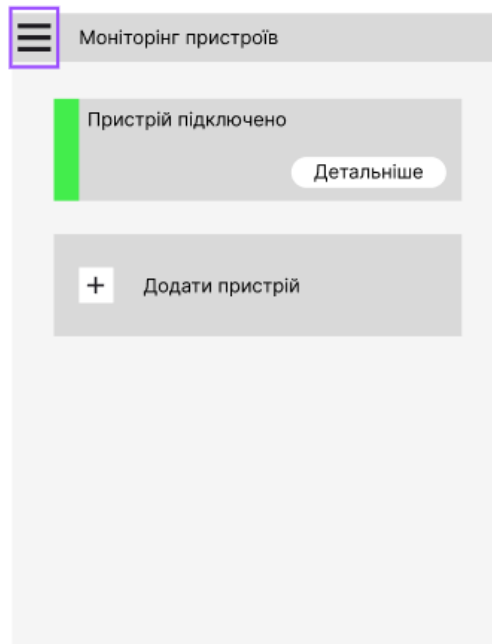


Рисунок 2.6 – Головний екран

Екран повідомлень (Рис. 2.7) містить історію отриманих сповіщень про пошкодження. Кожне повідомлення супроводжується часом, типом події (вібрація, звук, розрив лазера) та статусом перегляду. Через те що ми використовуємо прототип системи ми можемо подивитися на те як повідомлення буде за рівнем небезпеки, якщо колір буде зелений то система в нормі, помаранчевий в системі щось потрібно перевірити, червоний тоді це рівень високої небезпеки тобто система розпізнала пошкодження скла.

Також система підтримує функціонал для перегляду детальних параметрів кожного повідомлення. Користувач може вибрати конкретне сповіщення та отримати додаткову інформацію, зокрема координати пошкодження, рівень інтенсивності вібрацій чи звуку, а також інші важливі технічні дані, які можуть допомогти в оцінці стану системи.



Рисунок 2.7 – Екран повідомлень

Екран налаштувань (рис. 2.8) дозволяє змінювати базові параметри системи. Користувач може керувати оповіщеннями (увімкнути/вимкнути звук, push-сповіщення), переглядати підключені пристрої, оновлювати програмне забезпечення або скинути налаштування.

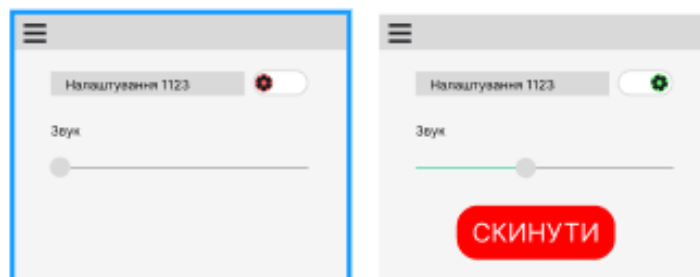


Рисунок 2.8 – Екран налаштувань у двох формах

Навігаційна логіка побудована за принципом використання меню, що дозволяє швидко перемикається між головним екраном, повідомленнями та налаштуваннями. Кожен розділ містить інтуїтивно зрозумілі елементи управління, а всі переходи є лінійними та мінімалістичними, без зайвих підменю.

Для створення прототипу застосунку використано графічну платформу Figma онлайн-сервіс для UX/UI-дизайну. Всі макети розроблено з урахуванням адаптації до екранів смартфонів на базі Android. Прототип підтримує навігацію,

натискання та перемикання між екранами, що дозволяє змодельовати поведінку реального користувача.

Посилання на перегляд прототипу у Figma [[DuplomprototupMelnychukFigma](#)]

2.7 Порівняльна оцінка розробленої системи

У процесі розробки системи моніторингу та оповіщення про пошкодження скла було враховано спектр технічних рішень, доступних на ринку, а також проведено аналіз існуючих альтернатив з метою визначення ефективності обраної архітектури. Розроблена система поєднує переваги лазерного контролю, вібраційної діагностики та акустичного аналізу, забезпечуючи комплексне виявлення пошкоджень. Для об'єктивної оцінки доцільності реалізації саме цієї моделі було здійснене порівняння із поширеними типами охоронних систем, а також оцінено її внутрішню ефективність за критеріями: вартість, енергоефективність, точність виявлення, складність монтажу, можливість автономної роботи, перспективність для подальшої інтеграції в IoT-середовище.

Однією з основних переваг запропонованої конструкції є модульність, що дозволяє окремо встановлювати віконний блок із сенсорами та лазером, і настінний блок із мікрофоном та засобами передачі даних. Такий підхід істотно спрощує обслуговування й підвищує гнучкість системи при розширенні прикладом є підключенні кількох віконних датчиків до одного центрального блоку. У порівнянні з традиційними дротовими сигналізаціями, які часто потребують окремого прокладання кабелів у стінах та віконних рамах, запропоноване рішення використовує **бездротову комунікацію**, що спрощує встановлення в побутових умовах без серйозного втручання у конструкцію приміщення.

Щодо чутливості та точності виявлення, система вигідно вирізняється завдяки комбінуванню трьох типів сенсорів: оптичного, механічного та акустичного. Це дозволяє зменшити кількість хибних спрацювань, адже сигнал

									Арк.
									35
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

тривоги активується лише в разі сукупного підтвердження від кількох сенсорів. Наприклад, втрата лазерного променя може бути спричинена незначним затемненням, але лише за умови, що також зафіксовано вібрацію або удар, система реагує як на потенційне пошкодження.

У вартісному аспекті розроблена система виграє завдяки використанню доступних електронних компонентів. На відміну від комерційних охоронних систем, що використовують дорогі багатофункціональні контролери, професійні шини зв'язку та спеціалізовані датчики, ця реалізація базується на відкритій платформі, що дозволяє зменшити витрати без втрати базової функціональності. Компоненти типу KY-008, SFH203, SW-420 або MAX9814 є масово доступними на ринку, що спрощує ремонт або масштабування.

Також слід відзначити енергоефективність системи. Зокрема, перший модуль (віконний блок) може працювати в енергоощадному режимі завдяки можливості переведення ESP8266 у стан сну, з періодичним прокиданням лише за наявності змін сигналу з лазера або вібраційного датчика. Це дозволяє організувати автономну роботу від акумулятора з мінімальними витратами енергії. На відміну від традиційних камер або безперервно активних мікроконтролерів, ця модель витрачає енергію лише в моменти активації або передачі даних.

У порівнянні з іншими способами захисту скла, як-от сигналізація з прозорими провідниками які вмонтовані у скло, дана система не потребує спеціального типу скла. Це забезпечує значно вищу сумісність із наявною інфраструктурою, не вимагає заміни вікон і дозволяє інтегрувати захист навіть у старі будівлі або недорогі конструкції. При цьому вона також не має контактного елемента в самій скляній поверхні, що зменшує ризики пошкодження сенсора під час монтажу або чищення.

Ще одним вагомим плюсом є інтеграція із смартфоном або мережею, що забезпечується за рахунок використання ESP32 із вбудованим Wi-Fi. Отримані дані передаються в реальному часі до мобільного застосунку, що дозволяє

								Арк.
								36
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				

оперативно реагувати на тривогу незалежно від місця перебування користувача. Це також відкриває перспективи для зберігання журналу подій, аналітики, підключення до «розумного будинку» та формування розширеної екосистеми безпеки.

До недоліків системи можна віднести залежність від якості живлення та рівня сигналу бездротового зв'язку. У разі втрати Wi-Fi або розрядження акумулятора ефективність системи знижується. Також важливою є правильна калібровка сенсорів, особливо вібраційного та фотодіода, для уникнення хибних позитивних або негативних спрацювань

2.8 Висновки до другого розділу

У процесі розробки системи моніторингу та оповіщення про пошкодження скла було запропоновано функціональну архітектуру, яка складається з двох окремих модулів віконного блоку та настінного блоку. Такий підхід дозволив розподілити завдання виявлення та обробки сигналу між різними пристроями, підвищивши гнучкість і надійність системи. Віконний модуль відповідає за фіксацію вібрацій або переривання лазерного променя, а настінний за приймання інформації, обробку акустичних подій та передавання даних на мобільний пристрій або серверну частину.

У рамках вибору компонентів було проведено порівняльну оцінку апаратної бази, де враховувалися такі характеристики як енергоспоживання, вартість, стабільність сигналу, простота інтеграції, чутливість сенсорів тощо. Для кожного функціонального блоку було відібрано оптимальні варіанти.

Структурна схема дозволила наочно представити логіку роботи пристрою, розміщення компонентів та послідовність їх взаємодії. Ключовим елементом стала ідея незалежної роботи кожного модуля з мінімальними енергозатратами, а також використання фізичних явищ як оптичного переривання та механічних коливань для виявлення пошкоджень скла.

Проведена порівняльна оцінка запропонованої системи показала її переваги над традиційними рішеннями, зокрема з точки зору енергоефективності, вартості, простоти встановлення, масштабованості та можливості інтеграції в IoT-середовище.

						Арк.
						38
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОГРАМНО–АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ОПОВІЩЕННЯ ПРО ПОШКОДЖЕННЯ СКЛА

3.1 Розробка апаратної частини

Процес розробки апаратної частини системи моніторингу пошкодження скла із застосуванням онлайн середовища EasyEDA. Мета полягала в створенні електричної принципової схеми, її оптимізації відповідно до обраної архітектури системи, а також проєктуванні друкованої плати, яка забезпечить стабільну роботу всіх компонентів у реальних умовах експлуатації. Використання EasyEDA дозволило швидко реалізувати електронну частину пристрою завдяки інтегрованій бібліотеці компонентів, автоматичному трасуванню та можливості перевірки проєкту перед виробництвом. Розробка здійснювалася з урахуванням технічних параметрів обраних мікроконтролерів, сенсорів та модулів зв'язку, що були розглянуті на попередніх етапах дослідження.

Система безпеки складається з двох основних модулів, віконного блоку та настінного блоку. Віконний блок встановлюється на вікні і відповідає за локальне виявлення спроби злому, розрив лазерного променя та вібрація скла. Настінний блок приймає сигнали від сенсорів, обробляє їх та передає повідомлення користувачу через Інтернет. Така архітектура дозволяє гнучко розширювати систему додатковими датчиками, а також енергоефективно відокремити автономний датчик від централізованого обробника.

Принцип роботи віконного блоку який працює автономно від вбудованого акумулятора. Лазер постійно випромінює концентрований промінь світла на фотодіод . У нормальному стані фотодіод отримує світло і на його виході сталий рівень сигналу. Якщо промінь переривається, між лазером і фотодіодом з'являється перешкода, змінюється рівень напруги на фотодіод, що сприймається мікроконтролером як тривога. Датчик вібрації реагує на удари чи вібрацію вікна при виявленні сильного імпульсу він формує логічну одиницю на своєму виході.

								Арк.
								39
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата				

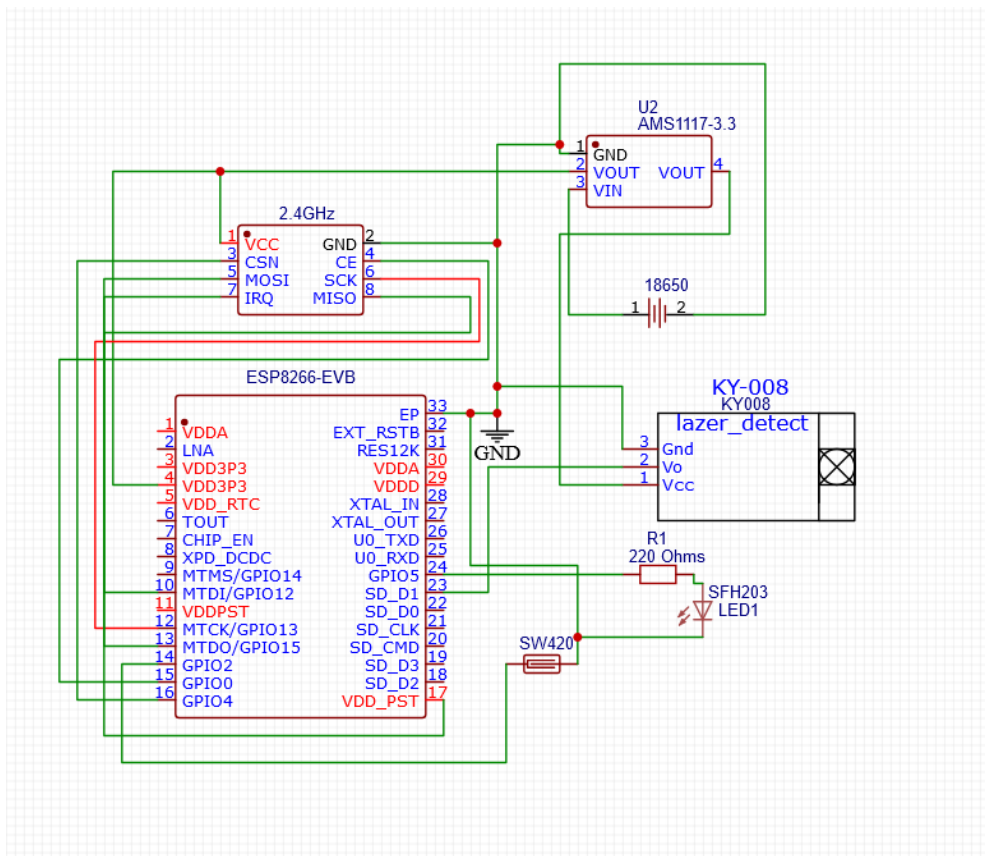


Рисунок 3.1 – Схема підключення компонентів віконного блоку

На рисунку 3.1 показана схема розроблена в EasyEDA в ній показані підключення елементів один до одного, в роботі схеми є послідовність роботи елементів розпочинається все від акумулятора який живить лінійного стабілізатора для того щоб мікроконтролер отримував 3.3 В, самий модуль бездротової передачі підключено через SPI-інтерфейс, лазерний модуль живиться від 3.3 В, його сигнальний вихід під'єднано до входу мікроконтролера для виявлення включення та виключення променя, фотодіод включено у послідовний ланцюг з резистором на 220 Ом між одним із GPIO мікроконтролера і землею, таким чином змінна напруга на фотодіоді зчитується контролером. Вібраційний сенсор під'єднано цифровим виходом до входу мікроконтролера. Всі «земляні» лінії з'єднані разом. На схемі позначено розташування всіх компонентів у системі.

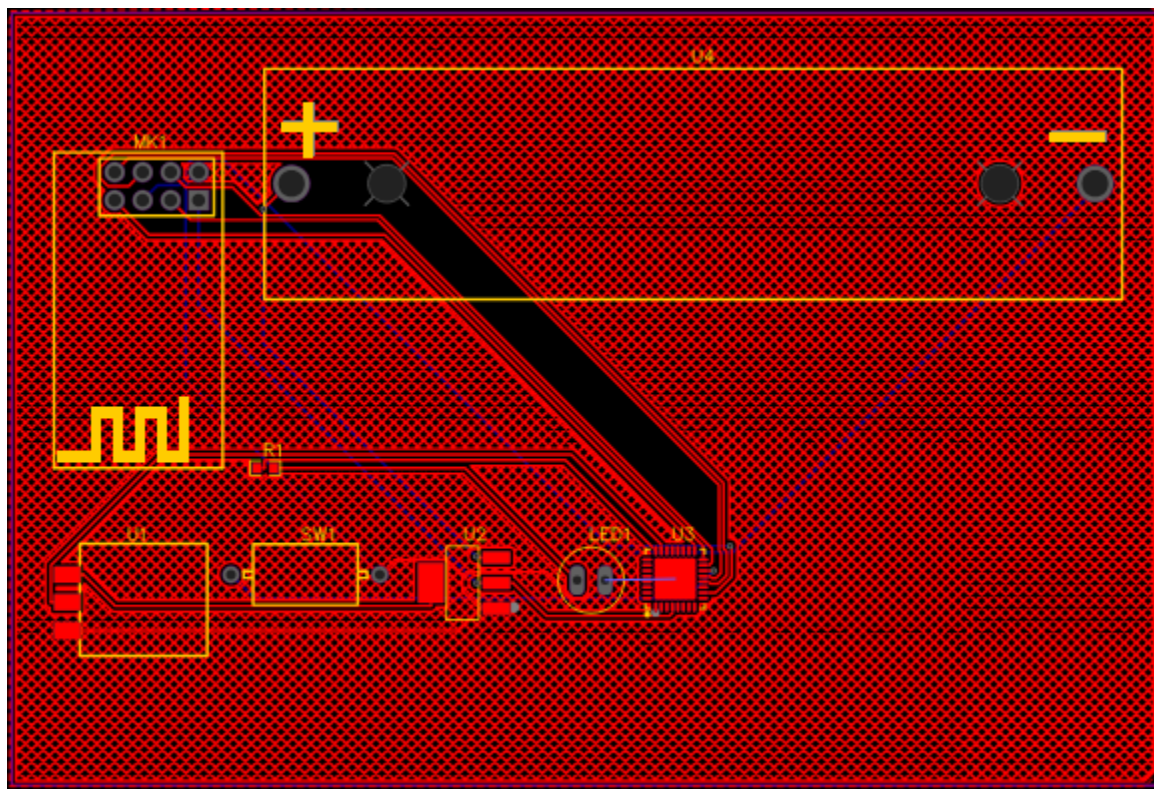


Рисунок 3.2 – Друкована плата віконного блоку

Для втілення віконного блоку системи моніторингу пошкоджень скла було спроектовано унікальну друковану плату, що гарантує компактне розміщення деталей, міцність з'єднань та ефективність функціонування показано на рисунку 3.2 . Процес проектування розпочався зі створення електричної принципової схеми в програмному середовищі для автоматизованого проектування, зокрема на сайті EasyEDA. У схемі було закладено усі необхідні компоненти модуль бездротового зв'язку, стабілізатор напруги, конденсатори фільтрації, роз'єм для подачі живлення через батарею, діод для захисту від зміни полярності, світлодіод для індикації стану та відповідні резистори. Після завершення схематичного етапу було розпочато компонування елементів на платі та прокладання з'єднувальних доріжок між ними. З метою зниження перешкод та забезпечення стабільної роботи модуля зв'язку, були дотримані вимоги до розташування антени її було винесено окремо, подалі від живлення та силових доріжок. Окрему увагу було приділено товщині доріжки живлення, котру розраховано відповідно до величини струму, а також зведенню до мінімуму перетинів і уникненню надмірних

переходів між шарами. Вся незайнята провідниками площа була заповнена заливкою землі (GND), що зменшує електромагнітні завади. Після фінального коригування було передбачено монтажні отвори для кріплення модуля в корпус або до базової поверхні. Отриманий макет плати було перетворено в гербер-файли, котрі придатні для виробництва або самостійного виготовлення шляхом фрезерування.

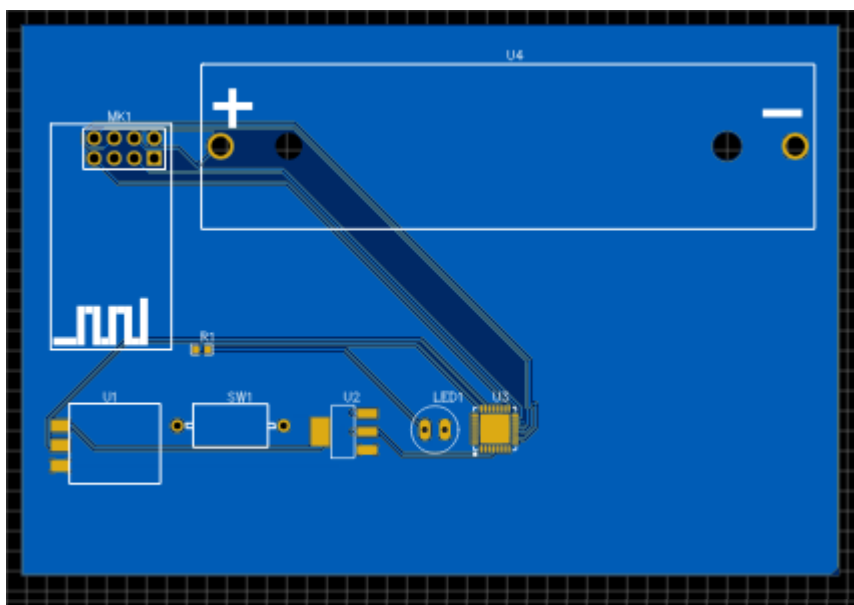


Рисунок 3.3 – Плата у 2д віконного блока

В процесі проектування друкованої плати для віконного модуля було створено двомірний макет, що надає картину розташування всіх складових, контактних елементів та провідників. Цей візуальний інструмент дозволяє ретельно проаналізувати коректність трасування, відповідність розмірів контактів, а також забезпечує зручність при монтажі компонентів у майбутньому. У зображенні добре видно траєкторії сигнальних та силових доріжок, їхню ширину, розташування отворів для паяння, а також загальну структуру контактів. Принцип роботи настінний модуля приймає бездротові сигнали від кількох датчиків (віконних блоків). Мікроконтролер виконує роль головного контролера він контролює радіомодуль, приймає пакети даних про тривоги і обробляє їх. Крім того, через акустичний сенсор блок може зчитувати звук із мікрофона. Він

міг бути використаний для аналізу шуму вибитого скла чи голосових повідомлень користувача. Мікроконтролер запускає аналіз звуку як порогове відсікання або навіть просте розпізнавання команд, і за необхідності формує власні сигнали тривоги або сповіщення. При надходженні сигналу від віконного датчика мікроконтролер може активувати додаткові засоби оповіщення: підключити сирену, миготіння світлодіоду або надіслати повідомлення по Wi-Fi. Також це дозволяє у майбутньому реалізувати локальну зв'язок із мобільним додатком.

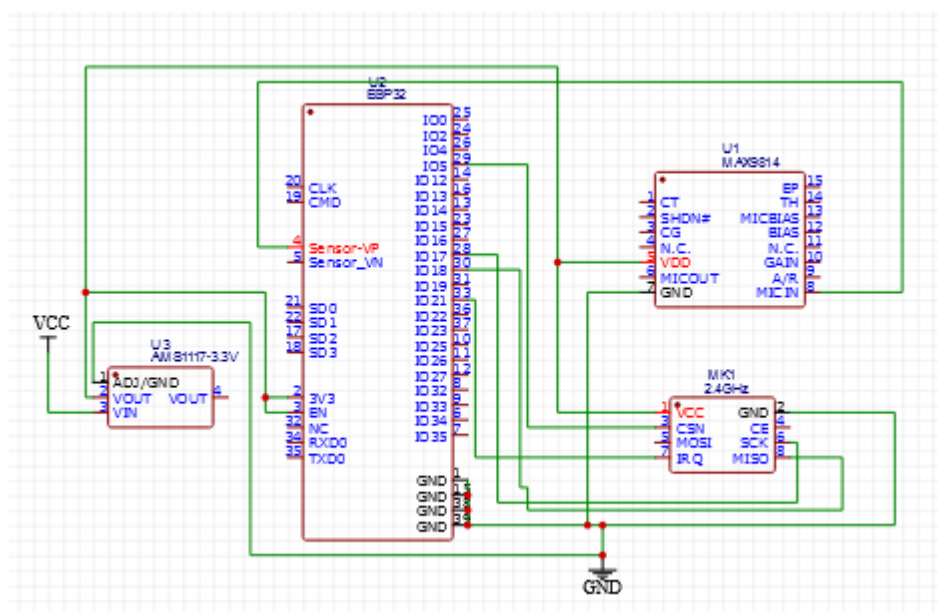


Рисунок 3.4 – Схема підключення компонентів настінного блоку

У рисунку 3.4 показано як мікроконтролер живиться від 3.3 В, що видає регулятор при живленні +5 В подається на його входи. Акустичний сенсор отримує живлення 3.3 В вивід VCC та під'єднаний мікрофон через вхід BIAS/MICBIAS. На виході OUT у акустичний сенсор підсилений аудіосигнал надходить на аналоговий вхід ADC мікроконтролера для подальшого аналізу звуку. Радіомодуль підключений через SPI-інтерфейс до мікроконтролера. Живлення VCC у радіо модуля також 3.3 В. Всі сигнали землі (GND) з'єднані. На схемі видно розміщення акустичний сенсор поруч із мікроконтролером, а лінійний стабілізатор позначено зліва (регулятор 3.3 В).

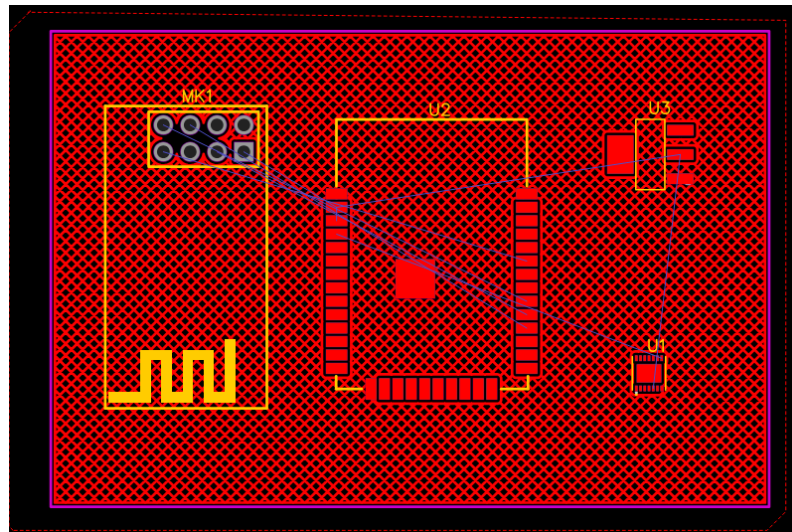


Рисунок 3.5 – Друкована плата настінного блоку

На рисунку 3.5 зображено конструкцію друкованої плати, що є складовою частиною апаратного забезпечення настінного модуля системи моніторингу пошкоджень скла. Плата була спроектована з урахуванням компактності, надійності та стабільної роботи в умовах довготривалого автономного використання. Основою стала електрична схема, розроблена за допомогою середовища EasyEDA, у якій було враховано усі ключові вузли та елементи, необхідні для коректного функціонування системи.

У лівій частині плати розміщено модуль бездротового зв'язку МК1, оснащений інтегрованою РСВ-антенною. Його ізольовано від силових ліній для мінімізації перешкод. Центральне місце займає мікроконтролер U2, який відповідає за обробку сигналів із сенсорів і керування обміном даними. Його виводи підключено до інших компонентів через ретельно спроектовану систему доріжок, що забезпечує надійність електричних з'єднань.

У правій частині розташовано стабілізатор живлення U3, що підтримує стабільну напругу для всієї плати, а також роз'єм U1, призначений для підключення живлення або програмування мікроконтролера. Всі компоненти розміщені так, щоб уникнути перехрещень доріжок і мінімізувати кількість переходів між шарами плати.

Особливістю макету є щільна заливка землі (GND) по всій площі плати, що зменшує рівень електромагнітних завад і покращує загальну електричну стабільність. Також на платі передбачено монтажні позиції для подальшого встановлення її в корпус або кріплення до поверхні віконної рами. Завдяки оптимальному розміщенню елементів та дотриманню електротехнічних норм, плата забезпечує ефективну і стабільну роботу системи моніторингу в реальних умовах експлуатації.

У контексті наведеної друкованої плати важливо також розуміти призначення основних компонентів, що позначені на схемі. Компонент U1 це акустичний модуль MAX9814, що виконує функцію виявлення звукових коливань, пов'язаних з пошкодженням скла. Центральним елементом є U2 мікроконтролер ESP32, який обробляє вхідні сигнали та керує передачею даних. U3 стабілізатор напруги AMS1117–3.3V, який забезпечує живлення плати стабільною напругою. Модуль бездротового зв'язку МК1 (NRF24L01+) відповідає за передавання інформації до приймача. Їхня взаємодія утворює цілісну функціональну систему виявлення та оповіщення про пошкодження.

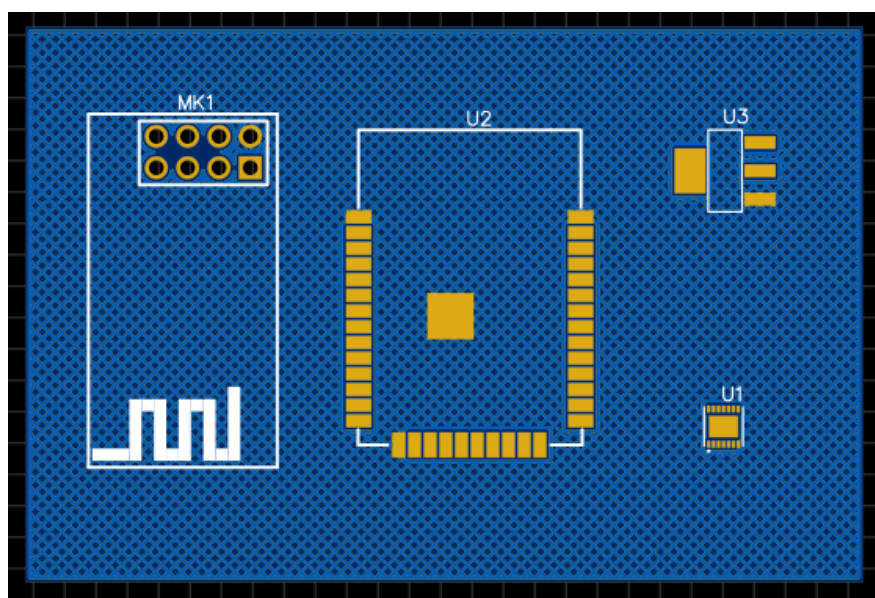


Рисунок 3.6 – Схема підключення компонентів настінного блоку

На рисунку 3.6 зображено розташування та електричне з'єднання деталей на друкованій платі настінного блоку системи моніторингу. Це графічне представлення ілюструє розташування елементів у просторі та схему їх з'єднання, що є ключем до ефективної роботи пристрою. Друкована плата виконана у синьому кольорі з сітчастою структурою, що полегшує розуміння масштабу та розташування елементів. У лівому верхньому кутку плати знаходиться модуль МК1, що відповідає за бездротовий зв'язок. Він має характерну меандрового типу антену, що свідчить про його здатність до радіозв'язку, та шість контактних отворів, розміщених у два ряди, що дозволяє йому взаємодіяти з основним контролером через стандартний інтерфейс. У центрі плати розташований компонент U2, який є обчислювальним ядром системи. Це мікроконтролер або аналогічна складна інтегральна схема з багатьма виводами, рівномірно розподіленими по периметру корпусу, що забезпечує зв'язок з іншими елементами плати та керування їх роботою. У верхньому правому кутку плати розміщено елемент U3, що має три вертикальні контактні майданчики. Його конструкція передбачає, що він виконує функції зовнішнього інтерфейсу, можливо, роз'єм для живлення, підключення датчиків або передачі сигналів. У нижній правій частині плати розташований найменший компонент – U1, квадратної форми з чотирма контактами. Імовірно, це стабілізатор напруги, мініатюрна мікросхема або інший допоміжний елемент, що виконує другорядні, але критично важливі задачі, такі як захист, фільтрація або регулювання живлення. Уся структура об'єднана трасами, показаними білими лініями на платі, що забезпечують надійне електричне з'єднання між елементами, формуючи цілісну логічну та електричну систему. Така топологія дозволяє найкраще реалізувати функціональні можливості настінного блоку, забезпечуючи компактність, ефективність та надійність його роботи в умовах реального використання

						Арк.
						46
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3.2 Розробка користувацького інтерфейсу мобільного додатку

Розробка інтерфейсу користувача для мобільного додатку момент у створенні комфортної та інтуїтивно зрозумілої взаємодії між користувачем і системою моніторингу. Для початкового дизайну макетів інтерфейсу було використано онлайн-сервіс Figma, який забезпечує великі можливості для створення інтерактивних прототипів, швидкого редагування графічних компонентів та спільної роботи над дизайном. Як цільовий пристрій було вибрано типову конфігурацію екрана смартфона з категорії AndroidLarge з розмірами 360 на 800 пікселів, що відповідає актуальним стандартам середньобюджетних мобільних пристроїв. Такий вибір дає змогу забезпечити адаптивність інтерфейсу, а також протестувати його зручність на найбільш поширених розмірах екранів.

Початковий екран ілюструє процес вибору мови інтерфейсу в початковій фазі взаємодії користувача з додатком. Представлено чотири послідовні екрани, що демонструють динаміку вибору мови та підтвердження показано на рисунку 3.7 розташовано в порядку вибір мови англійською та українською.

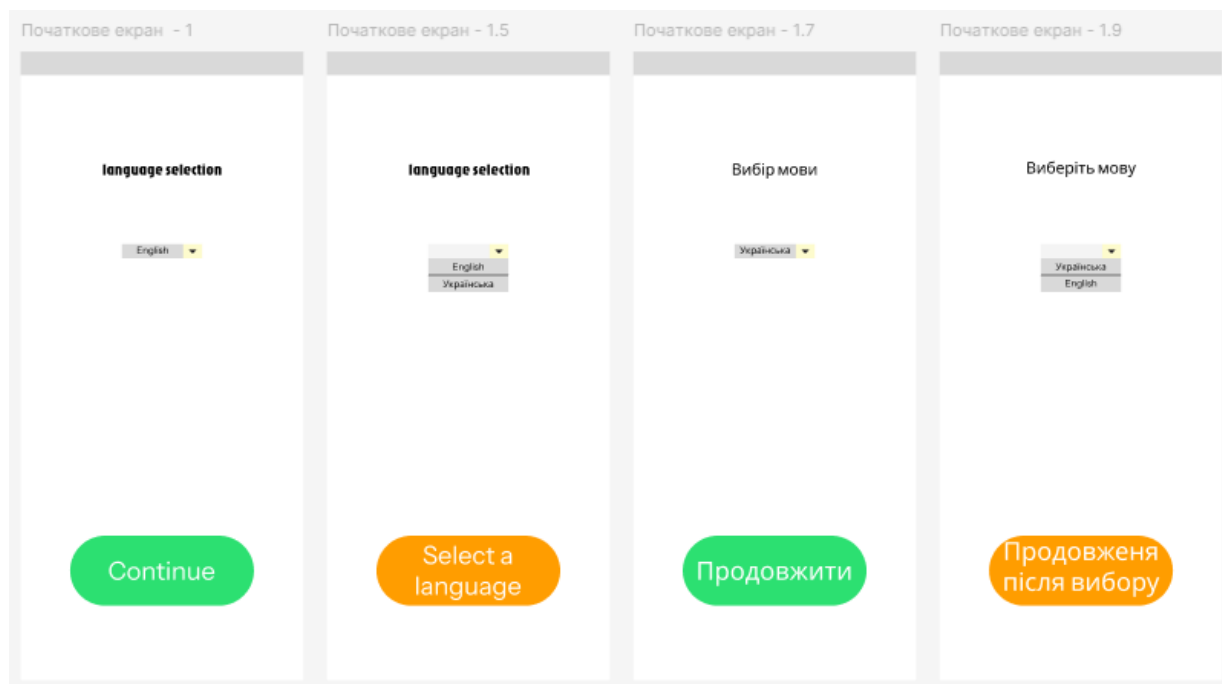


Рисунок 3.7– Початкові екранний інтерфейс мобільного застосунку

Перший екран відображає поле "languageselection" (вибір мови) з випаданим списком, де за замовчуванням обрано "English". Внизу екрану розташована активна зелена кнопка "Continue" (Продовжити), що дозволяє перейти до наступного кроку після підтвердження вибору мови.

Другий екран показує розгорнутий випаданий список "languageselection", де користувачеві пропонується на вибір дві мови: "English" та "Українська". Це дозволяє користувачеві змінити мову інтерфейсу перед продовженням роботи. Кнопка внизу змінила свій колір на помаранчевий та текст на "Select a language" (Оберіть мову), що вказує на необхідність активного вибору мови перед продовженням.

Третій екран у цій послідовності. Тут демонструється, що мова "Українська" вже обрана і відображається у випаданому списку. Кнопка "Продовжити" знову стала зеленою, сигналізуючи про те, що вибір зроблено, і користувач може безперешкодно перейти до наступного етапу використання додатку.

Четвертий екран цей є дзеркальним відображенням попереднього, але вже в українській локалізації. Верхній заголовок змінюється на "Виберіть мову", а випаданий список містить ті ж варіанти мов: "Українська" та "English". Кнопка підтвердження також змінила свій текст на "Продовження після вибору" та залишилася помаранчевою, підкреслюючи, що вибір ще не завершено або очікується підтвердження.

Після завершення етапу вибору мови, користувач автоматично переходить до головного інтерфейсу додатку, де представлено модель додавання пристрою. Цей екран є стартовою точкою для налаштування системи та її інтеграції з фізичними компонентами.

						Арк.
						48
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

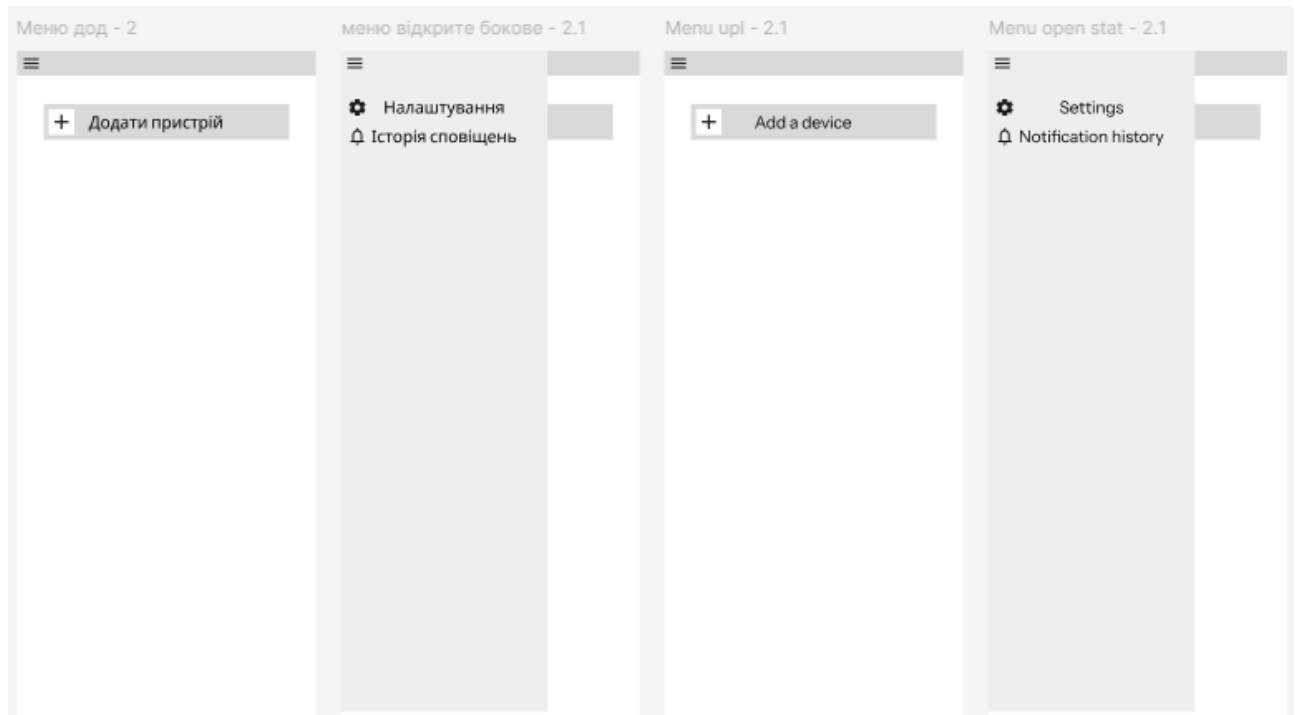


Рисунок 3.8 – Модель додавання пристрою та бокове меню на двох мовах

Рисунок 3.8 відображає серію сторінок користувацького інтерфейсу (UI), для мобільного застосунку або аналогічного цифрового продукту. Макети ілюструють різні стани або меню в межах застосунку, зосереджуючись на управлінні пристроями та налаштуваннях сповіщень.

Зліва направо панелі демонструють меню додавання та відкритий віджет з кнопками на одній налаштування та на другій історія повідомлень. На першій панелі показана основна кнопка дії з написом "Додати пристрій", що вказує на ключову функцію для інтеграції нових пристроїв у систему. Це свідчить про простий і прямий метод для користувачів розширити список своїх підключених пристроїв.

Наступна панель зображує відкрите бічне меню. Воно представляє два ключові пункти як налаштування та історію сповіщень. Ці опції надають користувачам контроль над налаштуваннями застосунку та доступ до журналу попередніх сповіщень.

Панель яка є наступною адаптація англійської версії або як альтернативним макетом функціональності додавання пристрою. Вона містить кнопку з написом

"Add a device", що дублює першу панель, але англійською мовою. Подібно до другої панелі, ця панель показує відкрите бічне меню, але з англійськими мітками Settings та Notificationhistory.

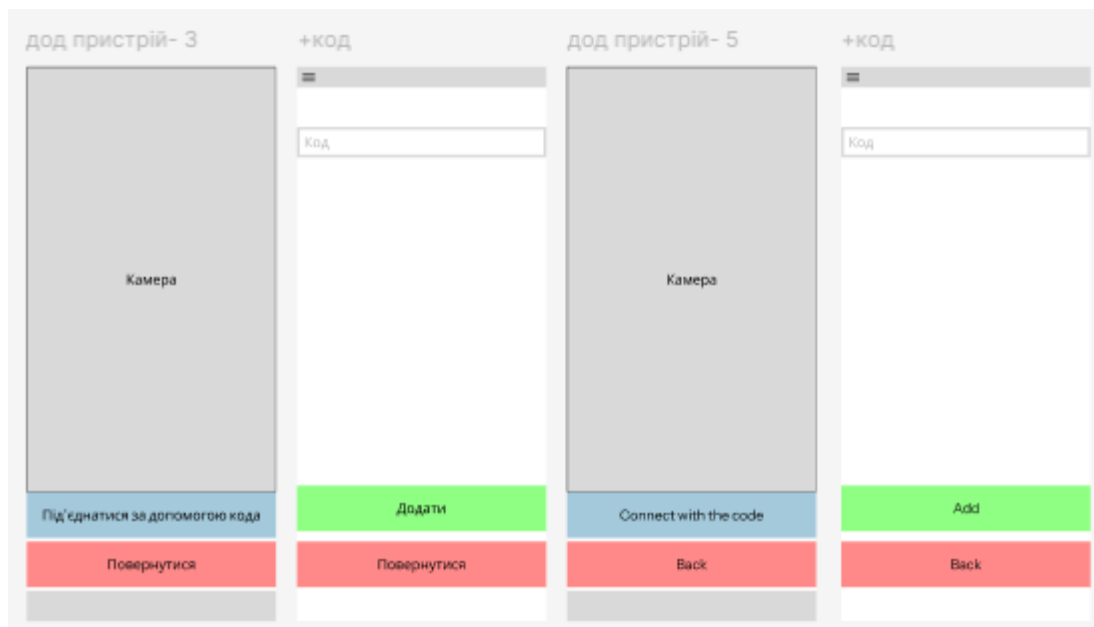


Рисунок 3.9 – Екранний інтерфейс підключення пристрою

На рисунку 3.9 представлено чотири інтерфейсні екрани мобільного додатка, два з яких виконані українською мовою, а два інших є їхніми відповідниками англійською мовою. Перший екран містить інтерфейс для сканування QR-коду, що використовується для швидкого підключення пристрою до системи. У верхній частині екрану передбачено простір для зображення з камери смартфона, що активується при відкритті сторінки. Безпосередньо під вікном камери розташовується кнопка, яка ініціює процес підключення пристрою шляхом сканування. Нижче розміщено кнопку повернення до початкового екрана додатка, яка дозволяє користувачеві вийти з режиму сканування та повернутися до стартового меню.

Другий екран призначений для ручного введення коду підключення. У верхній частині розміщується текстове поле, в яке користувач вводить ідентифікаційний код пристрою. Під полем введення розташована кнопка, що

запускає процедуру підключення на основі введеного коду. Нижче розміщується кнопка повернення, яка переводить користувача назад до попереднього екрана з вибором способу підключення. Обидва екрани мають інтуїтивно зрозуміле розташування елементів та логічну структуру взаємодії, що забезпечує зручність користування системою незалежно від мови інтерфейсу.

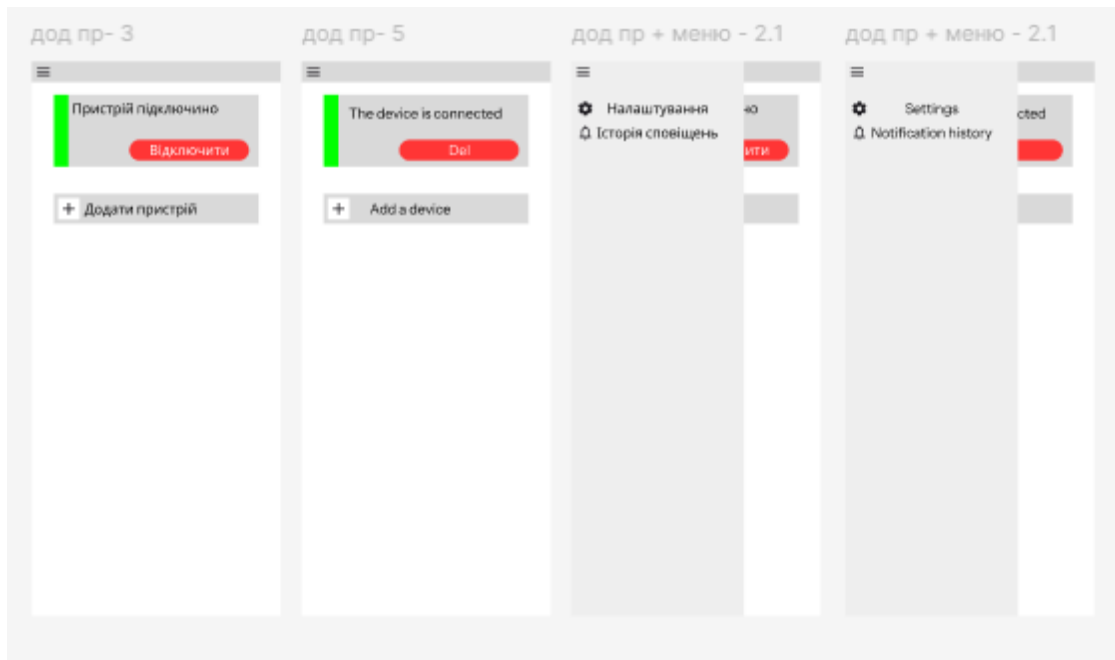


Рисунок 3.10 – Екранний інтерфейс з доданим пристроєм та бокове меню

Рисунок 3.10 демонструє серію екранів користувацького інтерфейсу мобільного інтерфейсу застосунку, який реалізує функціонал керування пристроями та перегляду сповіщень у системі моніторингу. Усі панелі зображені послідовно зліва направо та відображають один і той самий функціональний контекст у різних мовних версіях, а також з відкритими допоміжними меню.

Перша панель представляє головний екран інтерфейсу українською мовою, де вже підключено один пристрій. Відповідний елемент відображається у вигляді прямокутного блоку зліва, залитого зеленим кольором цей візуальний індикатор сигналізує про активне з'єднання з пристроєм. У верхній частині блоку міститься напис «Пристрій підключено», що інформує користувача про поточний статус. У нижній частині елемента розміщено червону кнопку з написом «Відключити», яка

дозволяє вручну розірвати підключення до пристрою. Крім цього, на екрані доступна основна кнопка з написом «Додати пристрій», яка ініціює процедуру додавання нового пристрою до системи.

Друга панель є англomовною версією головного екрана. Усі функціональні елементи збережено в аналогічному порядку. Активне підключення пристрою позначено написом «Devicesconnected», а кнопки мають відповідні підписи англійською зокрема, червона кнопка «Disconnect» та основна кнопка «Add a device».

Третя панель зображує відкрите бічне меню українською мовою. В меню представлено два основні пункти «Налаштування» та «Історія сповіщень», що дають користувачеві змогу перейти до відповідних розділів налаштування параметрів системи або перегляду архіву отриманих повідомлень.

Четверта панель є англomовною адаптацією бічного меню, у якій пункти меню позначено як «Settings» та «Notificationhistory». Зміна мови інтерфейсу не впливає на логіку побудови та доступність основних функцій, що забезпечує однакову зручність користування застосунком як для україномовних, так і англomовних користувачів.

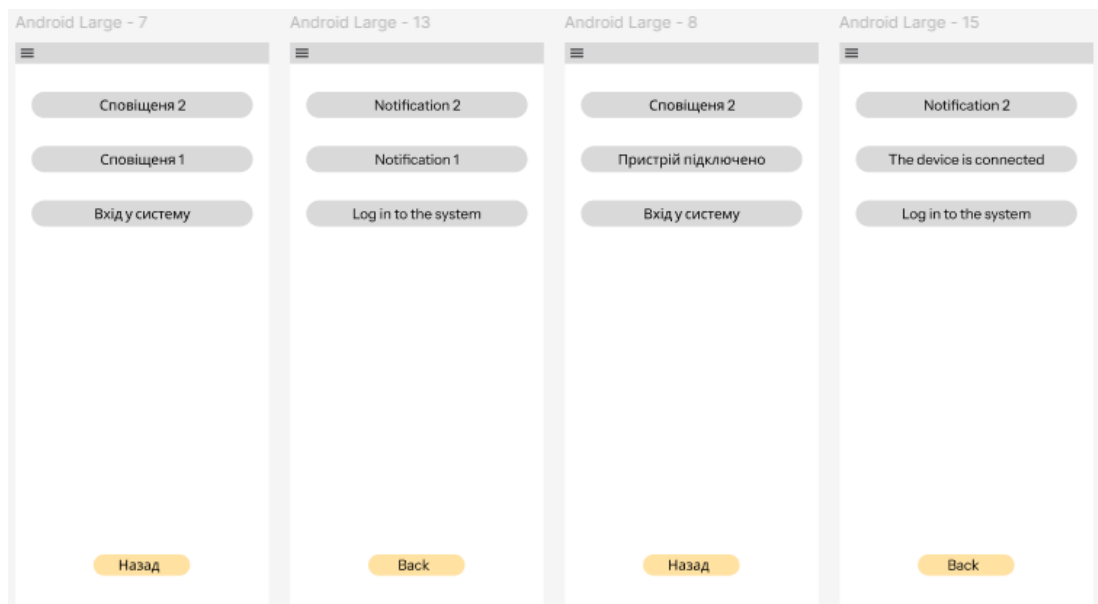


Рисунок 3.11 – Екранний інтерфейс історій повідомлень

Рисунок 3.11 ілюструє вигляд розділу історії повідомлень у користувацькому інтерфейсі мобільного застосунку. Представлено чотири панелі, що демонструють відображення журналу сповіщень українською та англійською мовами, а також зміни вмісту залежно від дій користувача, зокрема підключення пристрою.

Перша панель показує початковий варіант історії повідомлень українською мовою. Повідомлення відображаються у хронологічному порядку згори вниз. У верхній частині списку розміщено запис «Сповіднення 2», під ним «Сповіднення 1», а нижче «Вхід у систему». Це демонструє, що інтерфейс реєструє події з точністю до черговості їх виникнення, дозволяючи користувачеві відстежувати дії та події, пов'язані із системою.

Друга панель є англійською версією тієї ж сторінки, в якій повідомлення збережено в аналогічному порядку, але перекладено англійською мовою. Таким чином, повідомлення «Сповіднення 2», «Сповіднення 1» та «Вхід у систему» представлені відповідними англійськими еквівалентами. Це свідчить про підтримку багатомовного інтерфейсу, що забезпечує доступність застосунку для ширшого кола користувачів.

Третя панель відображає оновлену історію подій українською мовою після підключення нового пристрою. У верхній частині списку з'являється повідомлення «Сповіднення 2», далі йде запис «Підключений пристрій», що інформує користувача про факт встановлення з'єднання з новим елементом системи. Найстарішим повідомленням у цьому списку залишається «Вхід у систему», який слугує фіксацією початку сесії.

Четверта панель є англійським варіантом попередньої, з відповідними перекладами повідомлень «Devicesconnected» замість «Підключений пристрій» тощо. Усі повідомлення збережено у відповідній послідовності, що відображає єдність логіки ведення журналу подій незалежно від мови інтерфейсу. Така реалізація гарантує зрозумілість та зручність взаємодії користувача з історією подій, а також дозволяє оперативно реагувати на зміни стану системи.

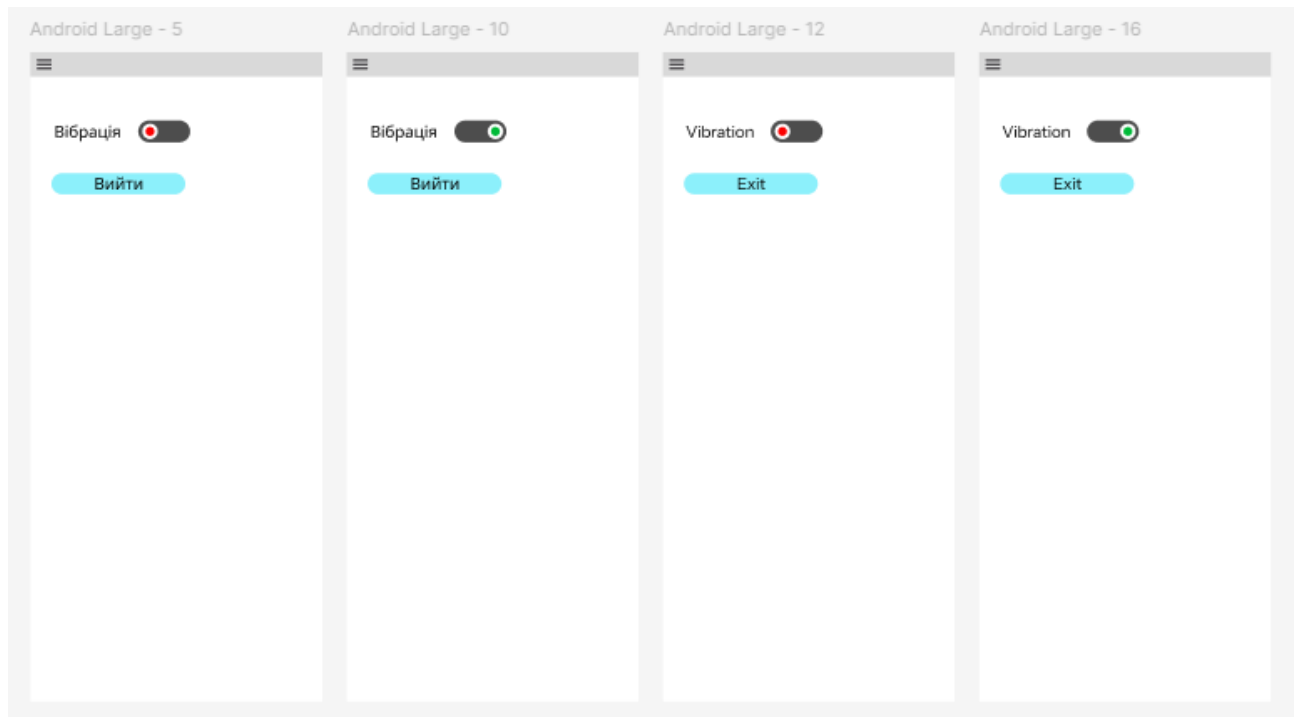


Рисунок 3.12 – Екранний інтерфейс налаштувань

Рисунок 3.12 демонструє екранний інтерфейс розділу налаштувань мобільного застосунку, представлений у чотирьох панелях. Перші дві панелі зображують інтерфейс українською мовою, а третя і четверта є їхніми англійськими відповідниками. Основна увага зосереджена на параметрі керування вібрацією як елементі системи повідомлень, що може бути активованим або деактивованим користувачем.

На першій панелі відображено стан, коли параметр «Вібрація» вимкнено. Праворуч від напису розташовано повзунок, зміщений у ліву позицію, що візуально позначено червоною цяткою вона вказує на неактивний стан функції. Під елементом керування розміщується кнопка «Вийти» голубого кольору, яка виконує функцію повернення з меню налаштувань.

Друга панель демонструє той самий екран у випадку, коли параметр «Вібрація» увімкнено. Повзунок переміщено у праву позицію, а замість червоної з'являється зелена цятка, яка сигналізує про активний стан вібраційного сповіщення. Кнопка «Вийти» зберігає своє положення та вигляд.

Третя та четверта панелі є англomовними копіями першої та другої відповідно. На третій панелі параметр позначено як «Vibration», повзунок перебуває в неактивному стані, що також візуалізовано червоною цяткою ліворуч. Кнопка в нижній частині має напис «Exit» і виконує ту саму функцію. Четверта панель демонструє активований стан параметра «Vibration», зі зміщенням вправо повзунком та зеленою цяткою, що відповідає включеному режиму. Кнопка «Exit» зберігає своє положення та функціональність.

3.3 Програмна логіка сенсорної обробки та виявлення пошкодження скла

У процесі розробки системи моніторингу складовою стало створення алгоритму, здатного достовірно виявляти факт розбиття скла. Оскільки пошкодження може супроводжуватися різними фізичними проявами оптичними, механічними та акустичними система використовує одночасно три типи сенсорів як фотодіод для фіксації лазерного променя, вібраційний сенсор для виявлення поштовхів, а також мікрофон МАХ9814 для реєстрації звукових хвиль, що виникають під час удару чи тріщини. Програмна логіка полягає у послідовному аналізі даних з усіх сенсорів та прийнятті підсумкового рішення про інцидент лише у разі підтвердження кількома каналами.

Робота починається з постійного опитування фотодіода, який приймає лазерний промінь. У нормальному стані світло безперервно потрапляє на сенсор, створюючи стабільний аналоговий сигнал у межах, що відповідають максимальному освітленню. У разі фізичного пошкодження скла лазерний промінь переривається, і фотодіод перестає фіксувати світло, що призводить до різкого падіння сигналу. Така зміна вважається першим індикатором можливого пошкодження.

Наступним кроком активується вібраційний сенсор, який розміщується на скляній поверхні або рамі. При ударі або деформації скла він передає короткий імпульсний сигнал, що зчитується аналоговим входом мікроконтролера. Важливо

						Арк.
						55
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

враховувати, що вібрації можуть виникати і з інших причин наприклад, через вітрові навантаження чи механічні поштовхи у будівлі, тому додатково аналізується амплітуда сигналу та його тривалість. У коді реалізується порогова перевірка, якщо значення вібрації перевищує заданий рівень, система фіксує можливу аномалію.

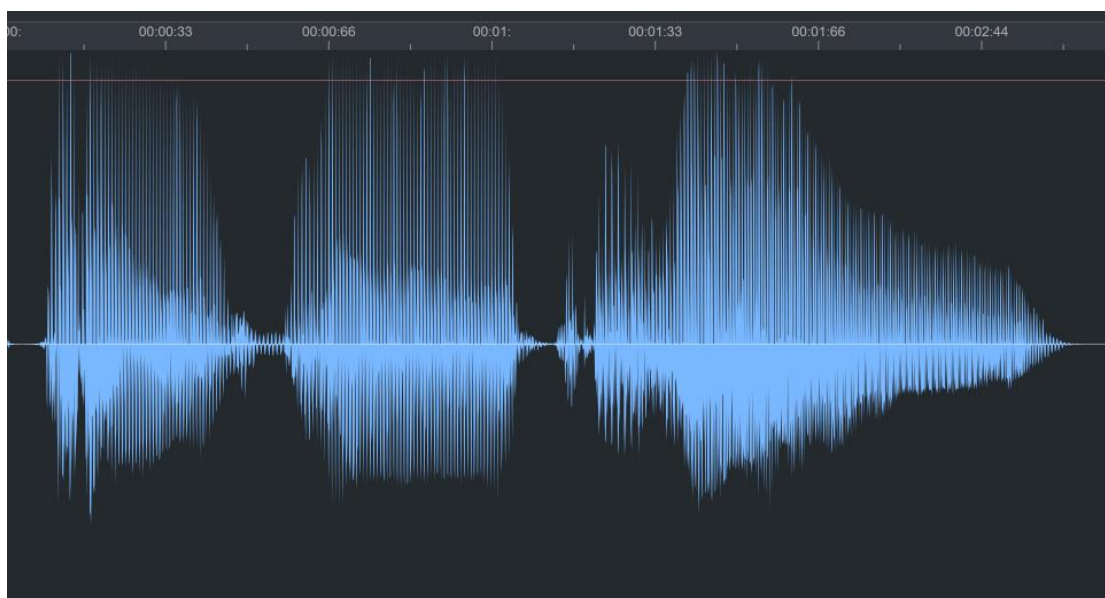


Рисунок 3.13 – Звукова діаграма, що імітує сигнал розбиття скла, для аналізу в системі моніторингу

Останнім етапом є аналіз звуку за допомогою мікрофона MAX9814. У разі удару скло видає характерний гучний звук з високим піком амплітуди як показано на рисунку 3.13. Цей звук також зчитується аналоговим входом, і за допомогою встановленого порогу система визначає, чи був зафіксований шум, що відповідає акустичному профілю удару. При цьому використовуються короткі часові вікна аналізу, щоби не реагувати на загальний фоновий шум.

Аналіз проводиться з використанням скользящего вікна, яке дозволяє обробляти вхідний сигнал у реальному часі з мінімальною затримкою. У кожному вікні обчислюється пікова амплітуда сигналу, а також додаткові характеристики, такі як середньоквадратичне значення (RMS) або спектральний вміст, якщо система має достатню обчислювальну потужність.



Рисунок 3.14 – Акустична діаграма впливу вітру на скло

Хоча в системі не застосовується повноцінне частотне перетворення, все ж завдяки точному налаштуванню рівня сигналу можна достовірно відокремити різкі імпульсні звуки від звичайного фонового шуму як на рисунку 3.14.

Після обробки сигналів з усіх трьох сенсорів система виконує фінальне порівняння: якщо хоча б два з трьох джерел підтверджують аномалію, вважається, що подія є достовірною, і формується тривожне повідомлення. Цей підхід дозволяє значно зменшити кількість хибних спрацювань і забезпечити надійність реагування. Далі згенерований сигнал передається від віконного блоку через модуль NRF24L01 до настінного, який виконує повторну перевірку (зокрема через повторну фіксацію звуку), та надсилає підтверджену інформацію на мобільний застосунок користувача.

3.4 Опис робочого процесу системи

У процесі функціонування система моніторингу пошкодження скла працює за принципом розподіленої взаємодії між кількома блоками, що встановлюються

безпосередньо на віконні конструкції та в межах приміщення. Основу кожного віконного блоку становить мікроконтролер ESP8266, до якого підключено два типи сенсорів: оптичний, що заснований на роботі лазера та фотодіода, та вібраційний сенсор, який фіксує поштовхи або коливання скла. Водночас в межах того ж приміщення або будівлі розміщується настінний блок із мікроконтролером ESP32, який приймає дані від усіх прилеглих віконних модулів за допомогою бездротового радіозв'язку, що реалізується через модулі NRF24L01.

Після встановлення живлення система переходить у режим очікування події. Лазер у віконному блоці постійно світить на фотодіод, створюючи сталий сигнал, який інтерпретується мікроконтролером як нормальний стан. У разі пошкодження скла відбувається порушення траєкторії лазерного променя, і фотодіод перестає фіксувати світло. Це миттєво визначається як потенційне порушення, і мікроконтролер активує опитування вібраційного сенсора для підтвердження події. Якщо на тому ж етапі фіксується аномальна вібрація, яка виходить за межі допустимих значень, формується сигнал тривоги. Цей сигнал передається по NRF24L01 до настінного блоку, який, зі свого боку, додатково активує акустичний сенсор MAX9814. Якщо при цьому фіксується характерний звук розбиття скла, система остаточно підтверджує факт пошкодження.

Кожен віконний блок має унікальний ідентифікатор або параметр у прошивці, що дозволяє настінному блоку однозначно визначити, з якого саме модуля надійшло повідомлення. Це дає змогу не лише зафіксувати сам факт інциденту, але й локалізувати точне місце пошкодження. Настінний блок обробляє отриману інформацію та ініціює передачу відповідного повідомлення до мобільного застосунку, з яким він заздалегідь синхронізований через Wi-Fi або інший канал зв'язку.

У мобільному застосунку одразу ж формується повідомлення про надзвичайну подію, яке сповіщає користувача про виявлення пошкодженого скла. Вміст сповіщення включає назву чи номер блоку, що передав сигнал, а також точний час події. Користувач має змогу перейти до детальнішого перегляду

									Арк.
									58
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

інформації, де буде відображено джерело загрози та, за потреби, історію інших подібних подій.

3.5 Висновок до 3 розділу

У цьому розділі було реалізовано повний цикл програмно-технічної інтеграції системи моніторингу пошкодження скла. Описано послідовність роботи модулів, логіку обміну даними між мікроконтролерами, а також механізм виявлення різних типів порушень, таких як руйнування скла, вібрації чи зовнішні акустичні впливи. Розглянуто функціонування лазерного детектора, вібраційного сенсора та акустичного модуля MAX9814, які спільно забезпечують надійне розпізнавання подій.

Особливу увагу приділено моделі взаємодії між віконним та настінним блоками. Віконні модулі автоматично встановлюють зв'язок із найближчим настінним пристроєм, що забезпечує гнучкість у розміщенні сенсорів і масштабованість системи. Після фіксації інциденту дані миттєво передаються до мобільного додатку, де користувач отримує детальне сповіщення із зазначенням часу та місця події.

Крім цього, в розділі представлено аналіз акустичних сигналів для відокремлення справжніх подій (наприклад, розбиття скла) від хибних (наприклад, вітер або механічні поштовхи). Також реалізовано і описано логіку ідентифікації звукових імпульсів, що дозволяє підвищити точність та надійність системи в реальних умовах експлуатації.

Таким чином, було досягнуто повноцінної інтеграції апаратної та програмної частин системи моніторингу, що дозволяє оперативно виявляти загрози, знижувати ризики пошкодження майна та забезпечувати своєчасне інформування користувача про критичні події.

									Арк.
									59
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

ВИСНОВКИ

У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень було розроблено та реалізовано ефективну систему моніторингу і оповіщення про пошкодження скляних конструкцій, яка поєднує в собі сучасні сенсорні технології, бездротову передачу даних і енергоефективну архітектуру. Вона здатна своєчасно виявляти порушення цілісності скла та передавати сповіщення користувачу у зручному цифровому форматі.

У першому розділі проведено аналіз природи пошкоджень скла, їх класифікацію та вплив на безпеку. Було обґрунтовано доцільність створення спеціалізованої системи моніторингу для виявлення таких ушкоджень і сформульовано основну мету дослідження.

У другому розділі проведено технічне обґрунтування архітектури системи, здійснено вибір компонентів для кожного модуля та запропоновано структурне рішення, яке дозволяє ефективно виявляти пошкодження скла з використанням фізичних сенсорів. Особливу увагу приділено порівняльному аналізу можливих технічних рішень та перевагам обраної конфігурації.

У третьому розділі реалізовано інтеграцію апаратної та програмної частин системи. Детально описано логіку взаємодії між модулями, принципи фіксації подій та передачі інформації користувачу. Особливий акцент зроблено на обробці акустичних сигналів та зменшенні ймовірності хибних спрацювань, що забезпечує високу точність функціонування системи в реальних умовах.

						Арк.
						60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Mach V., Mizera A., Stoklasek P., Karhankova M., Adamek M., Bednarik M. Development of a contact glass-break detector for the highest security level. *Sensors*. 2023. Vol. 24(1). P. 97.
2. Hart J., Hartova V., Bradna J. Intrusion and hold-up alarm systems and their reliability glass break detection. *6th International Conference on Trends in Agricultural Engineering*. 2016. P. 171–174.
3. Nidlova V., Hart J. Reliability of detection of glass break in intrusion and hold-up alarm systems. *Advanced Materials and Structural Engineering*. 2016. P. 445–448.
4. Gupta R., Shrivastava G., Anand R., Tomažič T. IoT-based privacy control system through android. *Handbook of E-business Security*. 2018. P. 341–363.
5. Amaefule I. A., Chilaka U. L., Douglas A. K., Ibebuogu C. C. Intrusion and fire detection system for home security using mobile application.
6. Lenko F., Veľas A. Alarm systems and their use in municipalities. *Košická bezpečnostná revue*. 2019. P. 41–46.
7. Reddy M. V. S., Geetha M. D., Srivani P., Sandhya P., Sravanthi D., Rani S. A. Detection of offense and generating alerts using AI. *Metallurgical and Materials Engineering*. 2025. P. 1289–1299.
8. Durant D., Pound K., Slotnick J. A. Alarm system fundamentals. *The Professional Protection Officer*. 2020. P. 433–443.
9. Štřelec P., Horák T., Kováč S., Šido J., Csekei M., Ružarovský R. Integration of smart IoT sensors into the home environment in a ZigBee network. *Computer Science On-line Conference*. 2024. P. 594–603.
10. Babiuch M., Foltýnek P., Smutný P. Using the ESP32 microcontroller for data processing. *20th International Carpathian Control Conference (ICCC)*. 2019. P. 1–6.

						Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Pasic R., Kuzmanov I., Atanasovski K. ESP-NOW communication protocol with ESP32. *Journal of Universal Excellence*. 2021. Vol. 6(1). P. 53–60.

12. Pakpahan I. E. A., Sihombing P., Nasution M. K. Analysis of the SW-420 vibration sensor performance on vibration tools using fuzzy logic. *International Conference on Culture Heritage, Education, Sustainable Tourism, and Innovation Technologies*. 2020. Vol. 1. P. 543–550.

13. Zhao Q., Zhang Y., Wang J., Zhang Y., Lu Y. Impact damaged detection of a glass fabric composite using carbon fiber sensors. *Applied Sciences*. 2022. Vol. 12(19). Article 9972. URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/19/9972> (дата звернення: 1.04.2025).

14. Принцип роботи фототранзистора. FMUSER. URL: <https://uk.fmuser.net/content/?20910.html> (дата звернення: 16.05.2025).

15. How do photodiodes work?. URL: <https://uk.rs-online.com/web/content/discovery/ideas-and-advice/how-do-photodiodes-work> (дата звернення: 23.04.2025).

16. Vibration Sensor: Definitions, Applications, and How to Use It. URL: <https://www.etssolution-asia.com/blog/vibration-sensor-definitions-applications-and-how-to-use-it> (дата звернення: 23.04.2025).

17. Ohtsu M., Aggelis D. G. Sensors and instruments. In: *Acoustic Emission Testing: Basics for Research – Applications in Engineering*. Cham: Springer International Publishing. 2021. P. 21–44.

18. Hassan, I. U., Panduru, K., Walsh, J. An in-depth study of vibration sensors for condition monitoring. *Sensors*. 2024. Vol. 24(3). P. 740.

19. Zhao H., Shu M., Ai Z., Lou Z., Sou K. W., Lu C., ... Ding, W. A highly sensitive triboelectric vibration sensor for machinery condition monitoring. *Advanced Energy Materials*. 2022. Vol. 12(37). 2201132.

20. Rubes O., Chalupa J., Ksica F., Hadas Z. Development and experimental validation of self-

									Арк.
									62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

powered wireless vibration sensor node using vibration energy harvester.

Mechanical Systems and Signal Processing. 2021. Vol. 160. 107890.

21. Hakkı S. O. Y. ESP8266 and ESP32 series of SoC microcontrollers. *Programmable Smart Microcontroller Cards*. 2021. P. 110.

22. Msekh Z. A., Msekh A. A. Design and implementation of wireless sensor node with security algorithm based on microcontroller ESP8266. In: *International Conference on Micro-Electronics and Telecommunication Engineering*. Singapore: Springer Nature Singapore, September 2021. P. 363–371.

23. Holovatyy A. Development of IoT weather monitoring system based on Arduino and ESP8266 Wi-Fi module. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2021. Vol. 1016(1). 012014.

24. Lukyanov A., Donskoy D., Vernezi M., Karev D. Estimation of the carbon footprint of IoT devices based on ESP8266 microcontrollers. *E3S Web of Conferences*. 2021. Vol. 279. 01002.

25. Mitu N. S., Vassilev V., Tabany M. R. Low cost, easy-to-use, IoT and cloud-based real-time environment monitoring system using ESP8266 microcontroller. *International Journal of Internet of Things and Web Services*. 2021. Vol. 6. P. 30–44.

26. Sutikno T., Purnama H. S., Pamungkas A., Fadlil A., Alsofyani I. M., Jopri M. H. Internet of Things-based photovoltaic parameter monitoring system using NodeMCU ESP8266. *International Journal of Electrical Computer Engineering*. 2021. Vol. 11(6).

27. Ali A. S. A., Bao X. Design and research of infrared remote control based on ESP8266. *Open Access Library Journal*. 2021. Vol. 8(4). P. 1–14.

28. Macheso P., Manda T. D., Chisale S., Dzupire N., Mlatho J., Mukanyiligira D. Design of ESP8266 smart home using MQTT and Node-RED. In: *2021 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Systems (ICAIS)*. IEEE. 2021. P. 502–505.

									Арк.
									63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

29. Yao Y., Sun P., Liu X., Wang Y., Xu D. Simultaneous wireless power and data transfer: A comprehensive review. *IEEE Transactions on Power Electronics*. 2021. Vol. 37(3). P. 3650–3667.

30. Jung H., Lee B. Wireless power and bidirectional data transfer system for IoT and mobile devices. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. 2021. Vol. 69(11). P. 11832–11836.

31. Vijayalakshmi M., Vijayalakshmi M., Naveena A. A novel intelligent channel estimation strategy for the 5G wireless communication systems. *Wireless Personal Communications*. 2023, Vol. 130(4). P. 2727–2751.

32. Sadhu P. K., Yanambaka V. P., & Abdelgawad A. Internet of Things: Security and solutions survey. *Sensors*. 2022. 22(19). 7433.

33. Ali Y., Khan H. U., & Khalid M. Engineering the advances of the artificial neural networks (ANNs) for the security requirements of Internet of Things: A systematic review. *Journal of Big Data*. 2023. 10(1). 128.

34. Zhou X., Li H., Wang J., Zhao J., Xie Q., Li L., ... & Yu, J. CloudFAS: Cloud-based building fire alarm system using Building Information Modelling. *Journal of Building Engineering*. 2022. 53. 104571.

35. He, X., Feng, Y., Xu, F., Chen, F. F., & Yu, Y. Smart fire alarm systems for rapidly fire warning: Advances and challenges. *Chemical Engineering Journal*. 2022. 450. 137927.

36. Lee, S. Z. “Let's Not Go for That One!” Burglars' perceptions of alarms as deterrents. *International Journal of Criminal Justice*. 2021. 3(2). 103–129.

37. Doridant A., Abouda K., Givelin P., Thibaud B. Battery management system demonstrator board design using EMC system simulation. *2019 International Symposium on Electromagnetic Compatibility — EMC EUROPE*. 2019. P. 427–432.

									Арк.
									64
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

38. Mohandas S. M., Megalingam R. K., Manoharan S. K., Jayabhavan H. M. Design and Development of Battery Monitoring PCB. *2024 5th International Conference for Emerging Technology (INCET)*. 2024. P. 1–5.

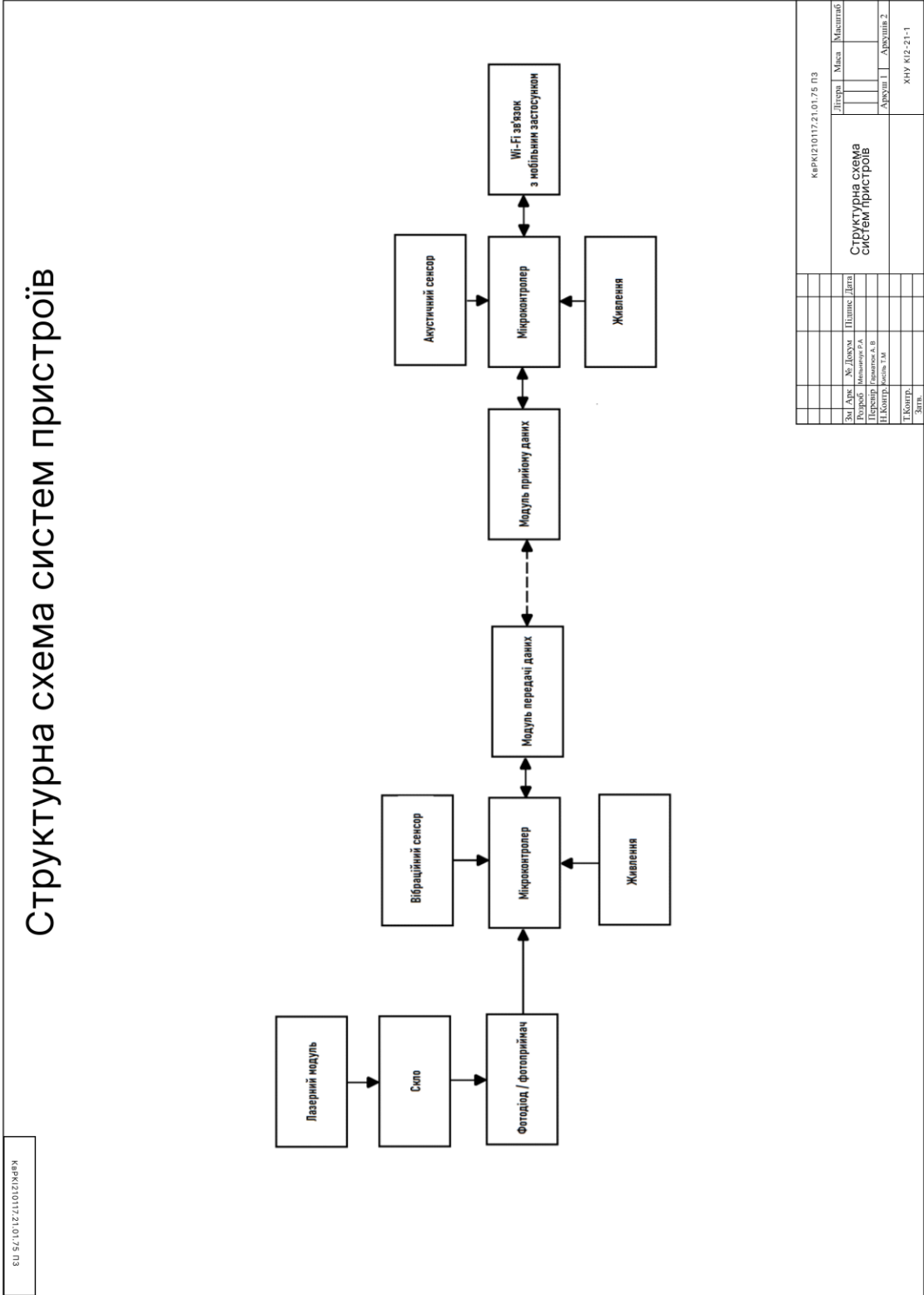
39. Gokhale P., Bhat O., Bhat S. Introduction to IOT. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*. 2018. Vol. 5(1). P. 41–44.

40. Soumyalatha S. G. H. Study of IoT: understanding IoT architecture, applications, issues and challenges. *1st International Conference on Innovations in Computing & Networking (ICICN16), CSE, RRCE. International Journal of Advanced Networking & Applications*. 2016. Vol. 478. P. 14.

						Арк.
						65
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Додаток Б
(обов'язковий)

КОПІЯ КРЕСЛЕННЯ «СТРУКТУРНА СХЕМА СИСТЕМ ПРИБОРІВ»



Додаток Г
(Довідковий)
«КОД АПАРАТНОГО ПРИСТРОЮ»

```
#include<ESP8266WiFi.h>
#include<SPI.h>
#include<nRF24L01.h>
#include<RF24.h>

// Піни для NRF24L01
#define CE_PIN D2
#define CSN_PIN D1

#define LASER_PIN D5 // Лазер (управління живленням, можна
просто постійно вмикати)
#define PHOTO_DIODE_PIN A0 // Фотодіод (читання аналогового
сигналу)
#define VIBRATION_PIN D6 // Вібраційний сенсор (цифровий
сигнал)

constint PHOTO_THRESHOLD = 500; // Порогове значення для
фотодіода
constint VIBRATION_THRESHOLD = 200; // Порогове значення для
вібраційного сенсора

// Унікальний ID модуля (змінити для кожного пристрою)
const uint8_t MODULE_ID = 1;

RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);

constbyteaddress[6] = "1Node";

structAlarmData {
    uint8_t module_id;
```

```

boolalarm;
};

voidsetup() {
Serial.begin(115200);

pinMode(LASER_PIN, OUTPUT);
pinMode(PHOTO_DIODE_PIN, INPUT);
pinMode(VIBRATION_PIN, INPUT);

digitalWrite(LASER_PIN, HIGH); // Вмикаємо лазер постійно

radio.begin();
radio.openWritingPipe(address);
radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
radio.stopListening();

Serial.println("Windowmodulestarted");
}

voidloop() {
intphotoValue = analogRead(PHOTO_DIODE_PIN);
//Serial.println(photoValue);

if (photoValue< PHOTO_THRESHOLD) {
// Лазерний промінь порушений
delay(50); // Коротка затримка для стабілізації
intvibrationValue = analogRead(VIBRATION_PIN); // Якщо сенсор
цифровий, можна digitalWrite
Serial.print("Vibration: ");
Serial.println(vibrationValue);

if (vibrationValue> VIBRATION_THRESHOLD) {
// Підтвердження пошкодження, відправляємо сигнал тривоги
AlarmDatadata = {MODULE_ID, true};
}
}
}

```

```

boolsuccess = radio.write(&data, sizeof(data));
Serial.println(success ? "Alarmsent" : "Alarmsendfailed");
delay(5000); // Антидребезг, пауза після сповіщення
    }
}

delay(200);
}

#include<WiFi.h>
#include<HTTPClient.h>
#include<SPI.h>
#include<nRF24L01.h>
#include<RF24.h>
#include<driver/adc.h>

// Піни для NRF24L01
#define CE_PIN 25
#define CSN_PIN 26

// Пін акустичного сенсора MAX9814 (аналоговий)
#define ACOUSTIC_SENSOR_PIN 34

// Wi-Fi налаштування
constchar* ssid = "YOUR_SSID";
constchar* password = "YOUR_PASSWORD";

// Сервер для сповіщень (можна використовувати власний API)
constchar* serverUrl = "http://yourserver.com/notify";

// Порогове значення для акустичного сенсора
constint ACOUSTIC_THRESHOLD = 1500;

RF24 radio(CE_PIN, CSN_PIN);

constbyteaddress[6] = "1Node";

```

```

structAlarmData {
    uint8_t module_id;
boolalarm;
};

voidsetup() {
Serial.begin(115200);

WiFi.begin(ssid, password);
Serial.print("ConnectingtoWiFi");
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
delay(500);
Serial.print(".");
    }
Serial.println(" connected");
radio.begin();
radio.openReadingPipe(0, address);
radio.setPALevel(RF24_PA_LOW);
radio.startListening();
pinMode(ACOUSTIC_SENSOR_PIN, INPUT);
Serial.println("Wallmodulestarted");
}

voidloop() {
if (radio.available()) {
AlarmDatadata;
radio.read(&data, sizeof(data));
Serial.print("Alarmfrommodule ID: ");
Serial.println(data.module_id);

if (data.alarm) {
        // Активируем акустичний сенсор
intacousticValue = analogRead(ACOUSTIC_SENSOR_PIN);
Serial.print("Acousticlevel: ");
Serial.println(acousticValue);
}
}
}

```

```

if (acousticValue > ACOUSTIC_THRESHOLD) {
  Serial.println("Confirmed glass break event");
  sendNotification(data.module_id);
  } else {
  Serial.println("Acoustic sensor negative");
  }
}
}
delay(200);
}

void sendNotification(uint8_t moduleId) {
  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    HTTPClient http;
    String url = String(serverUrl) + "?module_id=" + moduleId +
"&timestamp=" + String(millis());
    http.begin(url);
    int httpResponseCode = http.GET();

    if (httpResponseCode > 0) {
      Serial.print("Notification sent, response: ");
      Serial.println(httpResponseCode);
    } else {
      Serial.print("Error sending notification: ");
      Serial.println(httpResponseCode);
    }
    http.end();
  } else {
    Serial.println("WiFi not connected");
  }
}

```

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Роман МЕЛЬНИЧУК

Співавтор:

Назва: Мельничук_Система моніторингу та оповіщення про пошкодження скла

Експерт:

Підрозділ: Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Коефіцієнт подібності 1:1.9%

Коефіцієнт подібності 2:0.5%

Мікропробіли: 32

Заміна букв: 0

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-16 17:25:50.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-16

Дата



Доцент Андрій Нічепорук

експерт

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 0.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 7%

ID: 246107 Title: БКР Система моніторингу та оповіщення про пошкодження скла Added in a DB: 2025-06-16 Authors: Роман МЕЛЬНИЧУК Heads: Андрій ГАРМАТЮК Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	79195	626	600 (1%)	10 (2%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Мельничук Роман Андрійович

Тема: Система моніторингу та оповіщення про пошкодження скла

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 56

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є створення системи моніторингу та оповіщення при розбитті скла
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: В першому розділі кваліфікаційної роботи проведено ґрунтовне дослідження предметної області, здійснено аналіз існуючих видів пошкоджень скла, методів їх виявлення та сповіщення, розглянуто сучасні технології моніторингу, а також виконано огляд актуальних рішень у сфері захисту скляних поверхонь. Окрему увагу приділено порівняльному аналізу наявних технічних засобів та розроблено концептуальний план дій щодо створення власної системи моніторингу. В другому розділі кваліфікаційної роботи проведено розробку архітектури системи моніторингу пошкодження скла, здійснено вибір оптимальних апаратних компонентів, обґрунтовано принципи побудови та функціонування системи, описано логіку її роботи, розроблено прототип мобільного застосунку для кінцевого користувача, а також проведено порівняльну оцінку ефективності створеного рішення. У процесі реалізації враховано останні досягнення в галузі мікроелектроніки, бездротових технологій зв'язку та вбудованого програмного забезпечення. В третьому розділі кваліфікаційної роботи виконано програмно-апаратну реалізацію розробленої системи. Створено функціональний прототип, який включає апаратну частину із сенсорними модулями, мікроконтролерами та комунікаційними інтерфейсами, а також мобільний інтерфейс для користувача з реалізованими функціями отримання

сповіщень і керування параметрами системи. Розроблено алгоритми обробки даних сенсорів, детектування пошкоджень та взаємодії між модулями. Під час реалізації використано сучасні мови програмування, інструменти розробки мобільних застосунків і принципи енергоефективного проектування.

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: недостатня увага до тестування системи в реальних умовах.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

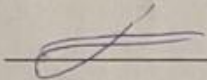
8. Інші зауваження: _____

9. Оцінка дипломної роботи: добре

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Березюк І. П. Зав. каф. ІІІІ УІІУ

"17" червня 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КІС
д-р. філософії, доц. Ользі ПАВЛОВІЙ

Романа МЕЛЬНИЧУКА

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-22-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Strike-Plagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

15.06. 2025 року



РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Система моніторингу та оповіщення про пошкодження скла

Автор: Роман МЕЛЬНИЧУК

Спеціальність: 123– Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Андрій ГАРМАТЮК, асистент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

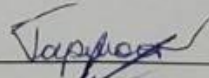
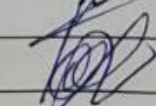
- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні мають належним чином оформленні посилання на них;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг а також на один фрагмент речення;
- 4) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано технічні позначення, фрагменти коду, що використовуються у схемах і програмній частині системи моніторингу, які є стандартними елементами у сфері мікроелектроніки та не підлягають авторсько-правовому захисту;
- 5) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості StrikePlagiarism, складає 1.9%; та системою Anti-Plagiarism складає 0%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС

Андрій ГАРМАТЮК

Андрій НІЧЕПОРУК

Ольга ПАВЛОВА