

Міністерство освіти і науки України  
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»  
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

Гнатів Юрій Іванович  
Hnativ Yurii

УДК 004:681.5/.7

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
(шифр та назва спеціальності)

Кваліфікаційна робота  
на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр  
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

Електронні паркувальні системи

Electronic parking systems

Науковий керівник:  
кандидат фіз.-мат. наук,  
професор Новосядлий С. П.

Рецензент:  
к. ф-м. н., професор кафедри  
фізики і хімії твердого тіла  
Никируй Л. І.

Івано-Франківськ  
2020



## АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі було проаналізовано та розроблено варіанти можливих апаратних та програмних прототипів паркувальної системи. Система може базуватись на базі мікроконтролера Arduino в основі якого лежить ультразвуковий датчик наближення. Альтернативою може виступити система на базі відеокамери з нейромережесим аналізом відеопотоку для виявлення об'єктів.

Було проведено детальний аналіз всіх можливих варіантів реалізації системи та економічну доцільність розробки приладу.

Обґрунтована економічна перспективи виготовлення даної системи.

					<i>123.KI-41.4</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Гнатів Ю. І.</i>			<i>Електронні системи паркування</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Новосядлий С. П.</i>					<i>3</i>	<i>53</i>
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

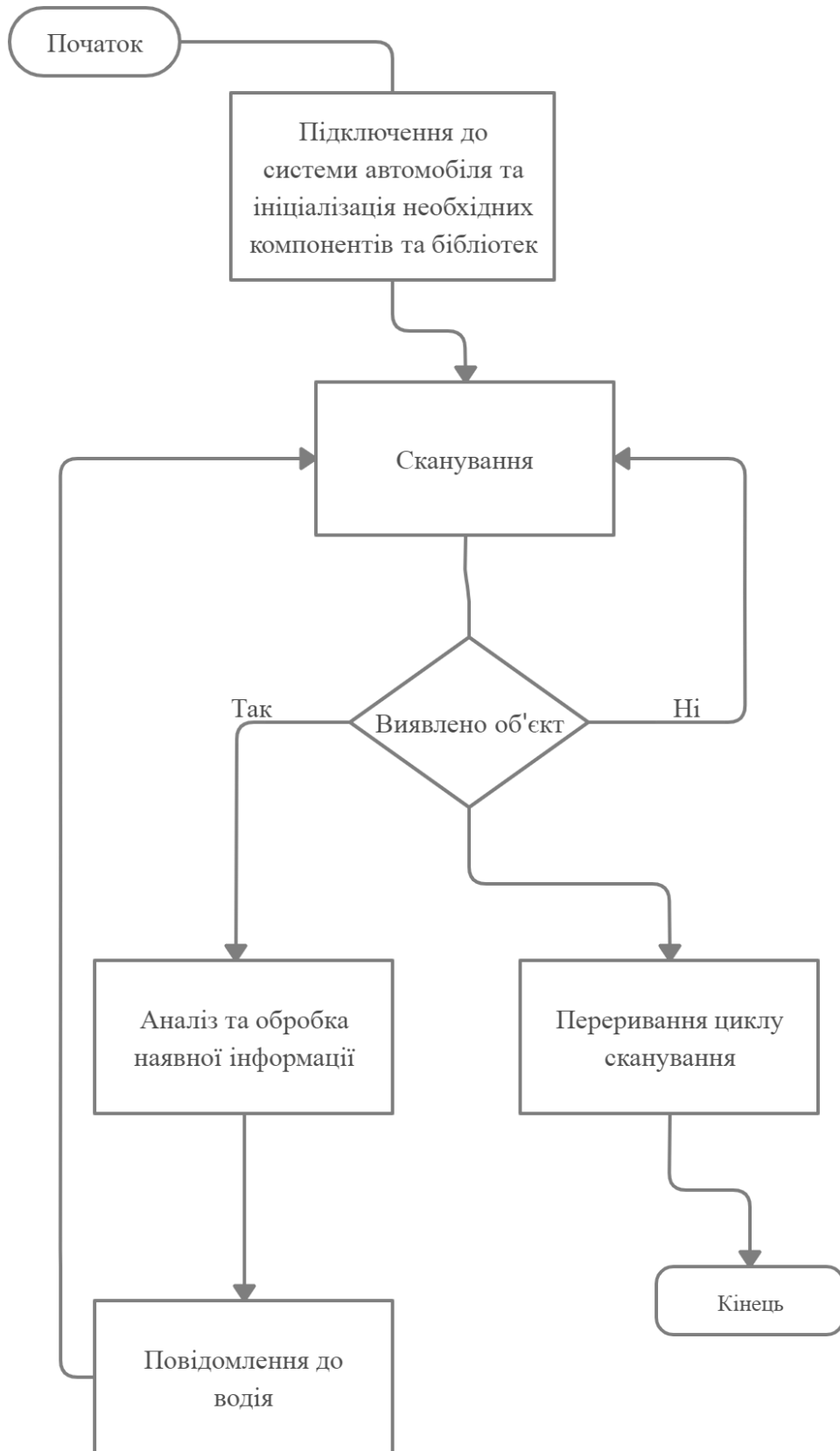
## ABSTRACT

In the qualification work, were analyzed and developed variants of possible hardware and software prototypes of the parking system. The system can be based on an Arduino microcontroller with ultrasonic proximity sensor. An alternative is a video recorder with neural network analysis system of the raw video stream to detect objects.

A detailed analysis of all possible options for implementing the system and the economic feasibility of developing the device was carried out.

The economic prospects of manufacturing this system are substantiated.

					<i>123.KI-41.4</i>					
					<i>Abstract</i>					
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				<i>Арк.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Гнатів Ю. І.</i>								
<i>Перевірів</i>		<i>Новосядлий С. П.</i>							<i>4</i>	<i>53</i>
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Затверд.</i>										



					<i>123.KI-41.4</i>		
					<i>Блок-схема роботи системи</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Гнатів Ю. І.</i>				5	53
<i>Перевірів</i>		<i>Новосядлий С. П.</i>					
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>							

Міністерство освіти і науки України  
Державний вищий навчальний заклад  
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»  
Фізико-технічний факультет  
Кафедра «Комп'ютерної інженерії та електроніки»

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на тему:

«Електронні системи паркування»

					<i>123.КІ-41.4</i>					
					<i>Пояснювальна записка</i>					
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				<i>Арк.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розробив</i>		<i>Гнатів Ю. І.</i>								
<i>Перевірів</i>		<i>Новосядлий С. П.</i>							6	53
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Затверд.</i>										

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП .....</b>	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ПРИНЦИП ДІЇ МОЖЛИВОЇ ПАРКУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ .....</b>	<b>9</b>
1.1. Основні положення роботи модуля отримання та обробки інформації .....	9
1.2. Ультразвуковий сенсор наближення .....	12
1.3. Ємнісні сенсори наближення .....	18
1.3.1. Сенсори на конденсаторах .....	19
1.3.2. Ємнісні сенсори на LC-контурі, що задають частоту .....	21
1.3.3. Сенсори з кварцовим резонатором .....	21
1.3.4. Сенсори з LC-контуром відсмоктувачем .....	22
1.3.5. Диференціальні ємнісні сенсори .....	23
1.3.6. Резонансні ємнісні сенсори .....	25
1.4. Оптичні сенсори наближення .....	26
1.4.1. Інфрачервоні сенсори .....	27
1.4.2. Оптоволоконні сенсори .....	28
<b>РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДУЛЯ ОТРИМАННЯ ТА ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ .....</b>	<b>33</b>
2.1. Паркувальна система на базі мікроконтролера Arduino .....	33
2.1.1. Основні положення роботи з Arduino .....	33
2.1.2. Бібліотека для роботи з HC-SR04 .....	36
2.1.3. Точність вимірювання відстані сенсором HC-SR04 .....	37
2.1.4. Приклад програмного коду для демонстрації роботи приладу .....	38
2.1.5. Приклад програмного коду з використанням бібліотеки NewPing .....	39
2.1.6. Приклад підключення аналізатора HC-SR04 з одним піном .....	40

					123.KI-41.4	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Модуль отримання та обробки інформації на базі відеокамери .....	40
<b>РОЗДІЛ 3. СУЧАСНІ СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СТВОРЕННЯ ПАРКУВАЛЬНИХ ЦЕНТРІВ .....</b>	<b>43</b>
3.1. Сучасні системи паркування .....	43
3.2. Економічна ефективність створення паркувальних центрів .....	44
3.3. Техніка безпеки та охорона праці при експлуатації паркувальних систем .....	45
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>47</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ .....</b>	<b>48</b>
<b>ДОДАТОК А .....</b>	<b>49</b>

					123.КІ-41.4	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## ВСТУП

Автомобіль, виїжджаючи заднім ходом, створює аварійну обстановку, через поганий кут огляду та сліпі зони, від яких дзеркало заднього виду не є панацеєю, яке у більшості автомобілів – єдине джерело інформації про дорожні об'єкти ззаду машини. Такий недолік особливо позначається на водіях-початківцях, що спричиняє велику кількість ДТП, починаючи від вм'ятин або подряпин на кузові машини після невдалого паркування, завершуючи серйозними пошкодженнями та аваріями на дорогах. Для покращення життя водіям інженери винайшли безліч допоміжних приладів, одним з яких є паркувальна система, в народі – парктроник. Даний прилад суттєво покращує процедуру паркування автомобіля, в'їзду в гараж, а також маневрування у вузьких місцях, або місцях масового скупчення машин таких як дорожні затори, майданчики паркування, виключаючи в'їзд у невеликі об'єкти на кшталт високого бордюру або клумби. У своїй кваліфікаційній роботі я хотів би освітлити принцип роботи та доцільність створення таких систем, а також економічну складову цього питання. Крім цього, будуть зачеплені теми створення сучасних автомобільних паркувальних майданчиків, та можливого використання просунутих систем трекінгу машин.

					123.KI-41.4	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1. ПРИНЦИП ДІЇ МОЖЛИВОЇ ПАРКУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

### 1.1. Основні положення роботи модуля отримання та обробки інформації

Отже, система паркування автомобіля – це прилад, який повинен визначати наявність у певній зоні навколо транспорту різнотипних об'єктів, обробляти цю інформацію та передавати водію у зручному для нього вигляді. Основними модулями даного приладу можна виділити модуль отримання інформації, модуль обробки інформації та модуль виводу інформації на екран. Кожен з цих модулів може мати різні реалізації, що в залежності від потреб користувача мають ті чи інші переваги та недоліки. Незалежно від принципу дії та реалізації програмних частин, необхідно окреслити базові вимоги до такого приладу, щоб відсіяти очевидно неприйнятні варіанти. Такий прилад повинен виявляти об'єкти незалежно від форми, розмірів, та типу матеріалу. Кінцевий продукт повинен бути в розумній ціновій категорії, будучи доступним для більшості водіїв. Прилад повинен бути відмовостійким, точніше функціонувати в досить специфічних умовах, а саме бруд, шум, період їзди, яскраве освітлення або ж повна відсутність світла. Виявляти перешкоди через тонкий шар металу, будучи встановленим під облицюванням автомобіля, працювати з великою кількістю різнотипних об'єктів, мати якомога більший радіус роботи. Необхідно також враховувати екологічну ефективність таких систем та її практичність.

Основною та найбільш варіативною складовою такої системи є модуль отримання інформації тобто детектор, що виявляє об'єкти. Оскільки такий детектор у свою чергу базується на безконтактному сенсорі наближення, розглянемо можливі варіанти реалізації, та відсіємо очевидно хибні варіанти. Серед актуальних варіантів можна виділити наступні варіанти:

- Ємнісний сенсор;
- Сенсор на основі ефекту Доплера;
- Індуктивний сенсор;
- Оптичні, які у свою чергу поділяють на:

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

123.KI-41.4

- Лазерний далекомір;
- Інфрачервоний сенсор;
- Волоконно-оптичний сенсор;
- Ультразвуковий сенсор;
- Сенсор на базі відео реєстратора;

Коротко проаналізуємо кожен тип, починаючи з ємнісних сенсорів. Це велика група приладів, основними представниками якої є сенсори на конденсаторах, ємнісні сенсори на LC-контурі, диференціальні ємнісні сенсори та резонансні ємнісні сенсори. Особливістю представлених зразків є здатність реагувати на будь-які предмети, незалежно від температури та пружності, як наприклад ультразвукові чи інфрачервоні аналізатори. До переваг також можна віднести можливість аналізу через різного роду перешкоди, наприклад облицювання автомобіля.

Аналізатор на базі ефекту Доплера, здатен виявляти перешкоди, що частково або повністю здатні відбивати радіохвилі, навіть якщо вони знаходяться за перешкодами. Ефект Доплера – зміна частоти відбивання хвилі, внаслідок руху випромінювача, приймача або відбивача. Передавач випромінює хвилю з певною частотою. Також існують певні умови, при яких сенсор не буде працювати справно, що обумовлено специфікою його роботи, а саме:

- Якщо в зоні дії приладу немає об'єктів здатних відбивати радіохвилі;
- Якщо в зоні дії є непорушні об'єкти, що здатні відбивати радіохвилі, але частота прийнятої радіохвилі буде дорівнювати частоті сигналу передавача;

Враховавши вищеназвані чинники, а також вимоги до можливої системи можна зробити висновок, що даний варіант не підходить під потреби парктронника, через велику кількість вимог.

Принцип дії індуктивного аналізатора базується на зміні індуктивності чи взаєміндуктивності обмотки та феромагнітного сердечника, внаслідок

									Арк.
									11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.KI-41.4

зміни магнітного опору магнітного кола аналізатора у яке входить сердечник. У найпростішому варіанті, генератор коливань та котушка формують коливальний контур, що створює електромагнітне поле, яке взаємодіє з, обов'язково, металевим, феромагнітним або ж амфорним об'єктом, що в свою чергу створює змінне магнітне поле, що певним чином змінює амплітуду коливання генератора. Підсилювач піднімає амплітуду до мінімального необхідного значення, в результаті чого виробляється аналоговий сигнал, який згодом буде перетворений тригером Шмітта в цифровий. Такий тип сенсорів є вузькоспеціалізованим, оскільки призначений для виявлення металів, що вкрай не задовольняє вимоги шуканої системи.

Оптичні сенсори – це велика група приладів у яких застосовується оптичні та електронні методи із використанням червоного або інфрачервоного світла. І хоча принцип дії задовольняє вимоги, існує ряд проблем пов'язаних з такими сенсорами. По-перше будучи вмонтованим на облицювання автомобіля, ймовірно, бампер, такий прилад буде засмічуватись. Якість роботи оптичних аналізаторів повністю залежить від чистоти оптичної частини, а також фото властивостей об'єктів, а саме розмір, форма, густина, колір, коефіцієнт яскравості, що істотно впливає на діапазон роботи приладу. Тим не менш, ці проблеми можуть бути вирішені.

Ультразвуковий сенсор, використовує ультразвук як інформаційний носій, для обчислення відстані до об'єкта. Перетворювач посилає ультразвуковий імпульс, сенсорний контролер, що інтегрований в прилад, здійснює вимірювання часу до приходу відбитого сигналу, з фактору швидкості звуку у конкретному середовищі. Така система має найменше недоліків та задовольняє більшість вимог.

Сенсор на базі відеореєстратора, хоч і опосередковано відноситься до оптичних сенсорів, має набагато більш складну конструкцію і основною частиною якого є не апаратна, а програмна частина, на яку покладений аналіз

										Арк.
										12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	123.KI-41.4					

даних з камери та розпізнавання предметів. В ядрі цієї системи може бути нейронна мережа, яку заздалегідь налаштовано розпізнавати певну вибірку об'єктів. До недоліків такої системи можна віднести складність написання програмної частини, можлива відсутність матеріалу для тренування нейронних мереж, вартість обладнання. Також серед невеликих проблем можна відзначити складність монтування, габарити шуканого приладу та потребу в автоматизованому або ручному періодичному очищенні об'єктиву. Тим не менш, практичні реалізації таких систем від великих компаній показували непогані результати. Прилад такого типу повною мірою задовольняє вищезазначені системні вимоги, що змушує розглянути його більш детально.

## 1.2. Ультразвуковий сенсор наближення

Серед найпростіших методів розпізнавання та виявлення перешкод найбільш дешевим та ефективним є ультразвукове розпізнавання. Принцип дії цієї технології нагадує ехолотатор або радар. Прилад створює ультразвуковий імпульс, який після відбитті від перешкоди повертається до приймача, згодом відбувається аналіз отриманих даних та розрахунок відстані до навколишніх об'єктів. Відстань є похідною величиною від швидкості звуку та часу. Оскільки проблема точності розрахунків подібних приладів є вирішальною, необхідно враховувати ряд факторів, серед яких найважливішим факторів впливу є середовище виконання замірів, що створює ряд обмежень, які обов'язково необхідно врахувати. Серед них:

- Як зміни швидкості звуку в залежності від температури і властивостей навколишнього середовища (в основному, повітря) впливають на точність вимірювань, роздільну здатність, мінімальний розмір об'єкта, мінімальну і максимальну відстань до об'єкта.
- Як зміни величини загасання в залежності від частоти звуку і вологості впливають на максимальну відстань чутливості сенсорів в повітрі. Як зміни рівня зовнішніх шумів в залежності від частоти

					123.KI-41.4	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

впливають на максимальну відстань чутливості і розміри об'єкта виявлення.

- Як зміни амплітуди відбитого відлуння в залежності від відстані до об'єкта, розмірів і геометрії поверхні впливають на відстань чутливості. Розглянемо основні властивості ультразвуку.

Ультразвук – це звукові коливання, які не сприймаються людським вухом, частотою понад 20 кГц. Трансдуктор або магнітний підсилювач – електромагнітний прилад, що підсилює та перетворює електромагнітний сигнал. Більшість ультразвукових сенсорів використовують один трансдуктор як для передачі, так і для прийому сигналів. У сенсорах наближення і вимірювання відстані, призначених для автоматизації технологічних процесів в якості трансдуктору застосовуються п'єзоелектричні перетворювачі або п'єзоелементи з робочою частотою від 40 до 400 кГц. Розібравшись з базовими властивостями, необхідно розглянути вплив температури на швидкість звуку в повітрі.

Ультразвукові сенсори діють за принципом ехолокації – відстань до об'єкту розраховується на підставі вимірювання проміжку часу між моментами посилення та прийому звукового імпульсу і швидкості звуку в середовищі. Для газів формула швидкості звуку виглядає так:

$$C = \sqrt{\frac{\gamma k T}{m}} = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}} = \sqrt{\frac{\gamma k (t + 273.15)}{M}}, \quad (1),$$

де  $\gamma$  – показник адиабати і дорівнює 5/3 для одноатомних газів, 7/5 для двоатомних (в тому числі і для повітря), 4/3 для багатоатомних,  $k$  – стала Больцмана,  $R$  – універсальна газова стала,  $T$  – абсолютна температура в кельвінах,  $t$  – температура в градусах Цельсія,  $m$  – молекулярна маса,  $M$  – молярна маса.

Формула швидкості звуку в повітрі при тиску  $P \approx 1$  атм:

$$C(t) = 331 \sqrt{1 + \frac{t}{T}}, \quad (2),$$

					123.KI-41.4	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $t$  – температура в градусах Цельсія,  $T$  – абсолютна температура в кельвінах.

Із залежності видно, що швидкість поширення звукових хвиль зменшується зі зменшенням температури повітря. Більшість виробників в специфікації до ультразвукових аналізаторів вказують коефіцієнт температурної похибки, виражений у  $\%/^{\circ}$  – відсоток на один градус Цельсія. Тоді, з урахуванням:

$$L = Ct, \quad (3),$$

відстань чутливості може бути зкореговано див. Рис. 1.1.

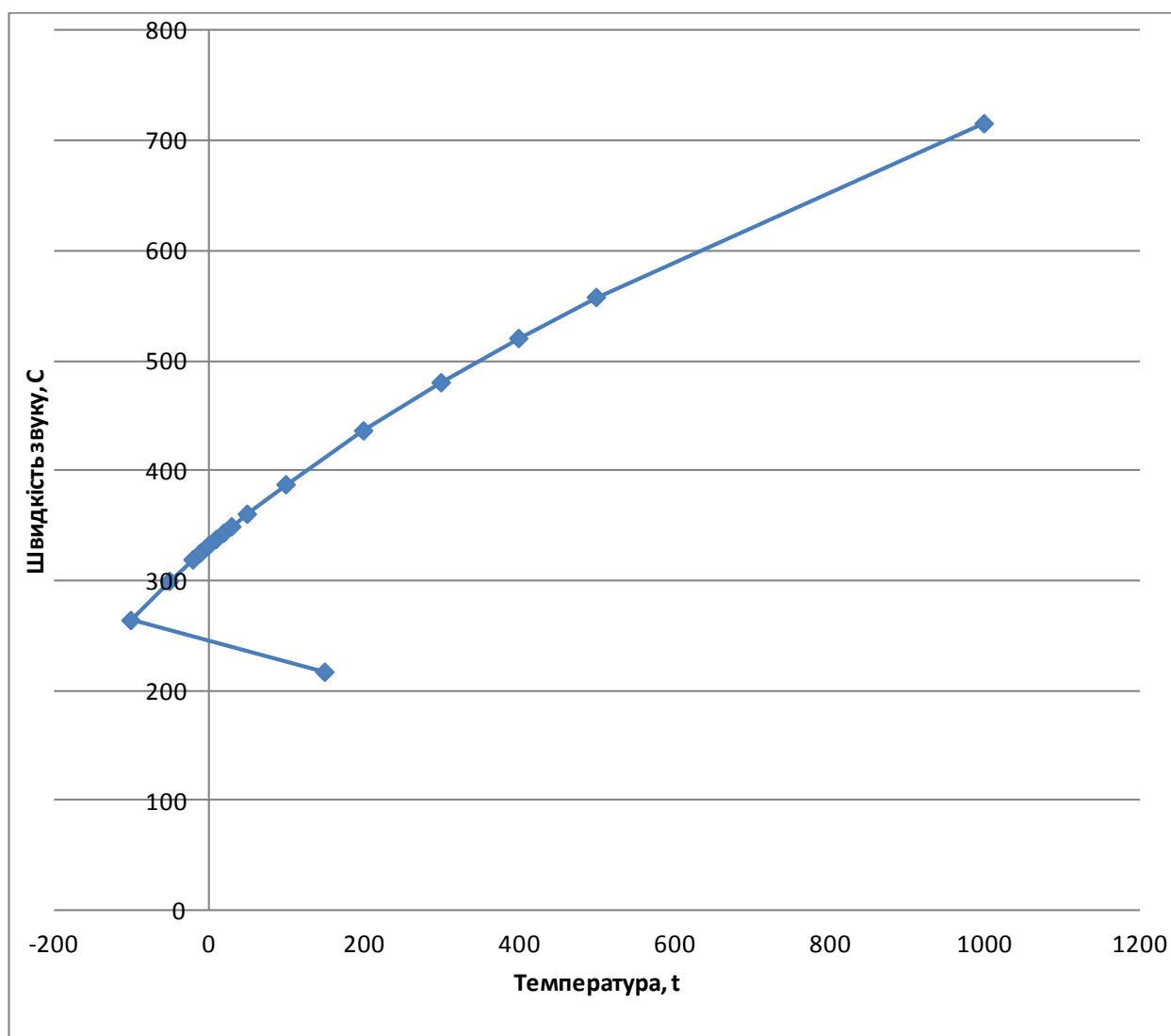


Рис. 1.1. Графік залежності швидкості звуку від температури

Сенсори для високих, низьких температур або для розширених температурних діапазонів обладнані автоматичною температурною корекцією. Розглянемо дослідження звукової хвилі в різних умовах.

Довжина звукової хвилі визначається зі співвідношення:

$$\lambda = \frac{C}{f}, \quad (4),$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі,  $C$  – швидкість звуку,  $f$  – частота.

Поширення звуку відбувається за законами геометричної акустики у випадку, якщо розмір перешкод в середовищі суттєво перевищує довжину хвилі звуку. Якщо ж перешкоди можна прирівнюється до довжини хвилі (або менше), істотну роль починає грати дифракційна хвиля, з якою пов'язано розсіювання звуку. Ці явища варто враховувати при підборі сенсорів особливо для виявлення дрібних об'єктів та нерівностей. Наприклад, довжина хвилі при швидкості звуку 344 м/с, ( $t = 20$  °С,  $P = 1$  атм) для частоти в 40 кГц дорівнює 8,6 мм, для частоти в 180 кГц дорівнює 1,9 мм, для частоти в 400 кГц дорівнює 0,86 мм. Еквівалентна довжині хвилі і роздільна здатність сенсорів, вказується багатьма виробниками в специфікаціях до виробів.

При поширенні звуку в механічному середовищі, амплітуда звукового тиску знижується в результаті дифракції хвиль, розсіювання, поглинання, незворотного перетворення енергії в інші форми. Оцінка обсягів абсорбції втрат і загасання використовується у визначенні максимального діапазону дії ультразвукового сенсора. Коефіцієнт загасання (дБ/м) збільшується зі зростанням частоти ультразвуку, в той же час, для будь-якої окремо взятої частоти існує залежність коефіцієнта загасання від вологості повітря. Ступінь вологості, при якій відбувається максимальне згасання, відрізняється для різних частот. Наприклад, для частоти понад 125 кГц максимальне загасання відбувається при відносній вологості повітря (надалі ВВП) 100%, для частоти 40кГц максимальне загасання відбувається при ВВП 50%. Визначити максимальний коефіцієнт загасання для частот від 50 до 400 кГц можна, скориставшись формулою:

									Арк.
									16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				123.КІ-41.4	



$$a(f) = 0,066f - 1,8, \quad (5),$$

де  $a(f)$  – коефіцієнт загасання (дБ/м),  $f$  – частота ультразвуку (кГц) при 20 °С,  $P = 1$  атм, ВВП 80%.

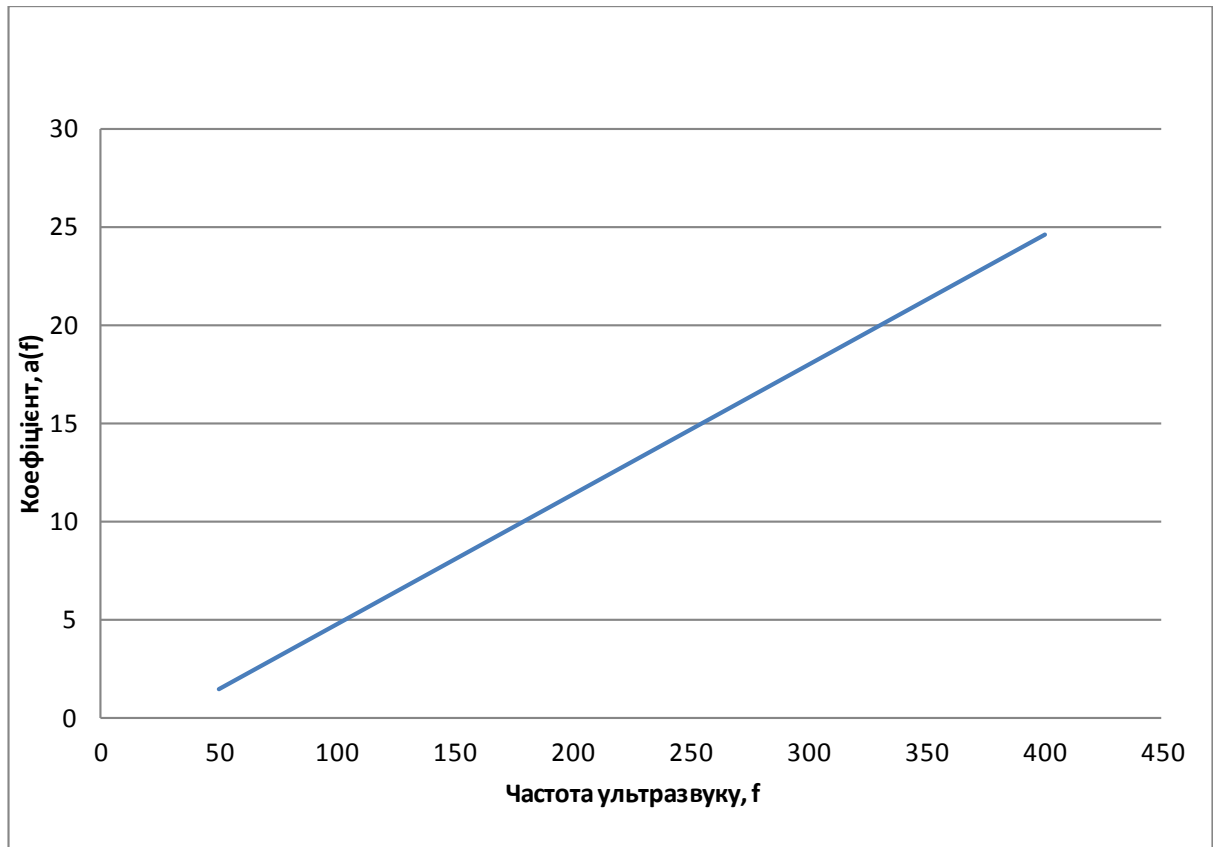


Рис. 1.2. Графік залежності коефіцієнта загасання від частоти ультразвуку

Звернемо увагу на зовнішні шуми. Зі збільшенням частоти звуку, відбувається зменшення впливу зовнішніх шумів. Це пов'язано з тим, що в навколишньому середовищі присутня незначна кількість високочастотних шумів, а низькочастотні шуми швидко розсіюються в атмосфері.

Розглянемо вплив частоти, відстані та середовища поширення звуку на амплітуду звукового тиску. Ультразвуковий сенсор посилає звуковий сигнал короткими імпульсами. Різні сенсори виробляють різний звуковий тиск (надалі ЗТ). В акустиці, у зв'язку широким динамічним діапазоном, звуковий

тиск зазвичай виражається в децибелах. Будучи повністю відносною величиною, відповідає співвідношенню:

$$ЗТ = 20\log\left(\frac{P}{P_0}\right), \quad (6),$$

де  $P$  – фактичний тиск в мікропаскалях ( $\mu\text{Па}$ ),  $P_0$  – опорний тиск, приймається рівним  $1 \mu\text{Па}$  – мінімального рівня, що приймається на відстані  $R_0 = 30$  см від сенсора. Відповідно,  $R_0$  приймається як опорна відстань.

У процесі поширення, звукова хвиля радіально розширюється в міру віддалення від джерела, а амплітуда звукового тиску  $P$  знижується через загасання і розсіювання. Тоді  $ЗТ$  відстані  $R$  від випромінювача виражається формулою:

$$ЗТ(R) = ЗТ(R_0) - 20\log\left(\frac{R}{R_0}\right) - a(f)R \quad (7)$$

де  $R$  – фактична відстань від сенсора,  $R_0$  – опорна відстань,  $a(f)$  – коефіцієнт загасання сигналу з частотою  $f$ .

Формула (7) звукового тиску справедлива для прямолінійного поширення звуку в середовищі від однієї точки до іншої і може застосовуватися для сенсорів з розділеним випромінювачем і приймачем. Для сенсорів з дифузійним відбиванням променя від об'єкта, з єдиним елементом, який виконує роль випромінювача і приймача, який діє за принципом ехолокації властиві втрати при відбиванні від середовища іншої (більшої) щільності. Відбивання звуку – явище, яке виникає при падінні звукової хвилі на межу поділу двох пружних середовищ і складається в хвиль, що поширюються від межі поділу в зворотному напрямку. Кількість відбитого звуку залежить від співвідношення акустичного опору середовищ ( $Z$ ).

Оскільки акустичний опір повітря в 1000 разів перевищує опір води, а більш твердих матеріалів – в кілька тисяч разів, ультразвукові хвилі на межі поділу відображаються майже повністю. У разі прямолінійного відбивання променя від густої поверхні можна знехтувати взаємодією звуку з твердим тілом і скористатися формулою Френеля:

						123.KI-41.4	Арк.
							18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$V = \frac{z_2 - z_1}{z_2 + z_1}, \quad (8),$$

де  $V$  – коефіцієнт відбиття,  $Z_2$  і  $Z_1$  – акустичний опір матеріалів. Для межі поділу повітря-вода коефіцієнт відбивання  $V$  дорівнює 0,99.

В такому випадку, звуковий тиск відбитої хвилі можна задати формулою:

$$ЗТ(2R) = V(ЗТ(R_0) - 20\log\left(\frac{2R}{R_0}\right) - 2a(f) R), \quad (9),$$

де  $R$  – відстань від сенсора до об'єкта,  $R_0$  – опорна відстань,  $a(f)$  – коефіцієнт загасання сигналу з частотою  $f$ ,  $V$  – коефіцієнт відбивання ( $\sim 1$ ).

### 1.3. Ємнісні сенсори наближення

Сенсори цього типу частково підходять для створення на їхній основі паркувальної системи, завдяки своїй варіативності, дешевизні, можливості реагування на предмети будь-якого типу, наприклад, метал, дерево, бетон та ін. Окрім того, сенсори цього типу здатні реагувати на предмети через невеликі перепони, як наприклад облицювання автомобіля, що відкриває можливість вбудовувати прилади на їхній основі, наприклад, під бампер. Ємнісні сенсори наближення мають широкий спектр застосування в САР і САУ всіх галузей промисловості.

Сенсори мають в своєму складі чутливий електрод, який випускає електричне поле і формує ємність. При цьому у приладу формується певна робоча зона чутливості. Якщо в цю зону потрапляє об'єкт (з більш високою діелектричної проникністю), то ємність починає збільшуватися. При перевищенні заданого в настройках рівня, сенсор фіксує наявність об'єкта і перемикає вихідне реле.

									Арк.
									19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	123.КІ-41.4				



Рис 1.3. Ємнісний сенсор наближення CR30-150DP

У багатьох публікаціях на тему ємнісних пристроїв область застосування і відмінні риси пропонованих конструкцій описуються досить коротко, що ускладнює процес підбору необхідного приладу, через велику варіативність, тому варто розглянути всі варіанти детальніше. Як відомо, ємнісні сенсори здатні реагувати на будь-які предмети і, при чому, їхня відстань спрацювання не залежить від таких властивостей, як поверхня об'єкта, як, наприклад, температура, на відміну від інфрачервоних сенсорів, а також пружність матеріалу, на відміну від ультразвукових сенсорів руху.

### 1.3.1. Сенсори на конденсаторах

У сенсорах цього типу сигнал спрацювання формується за допомогою конденсаторних схем і подібні конструкції можна розділити на кілька груп.

Найбільш прості з них – схеми на ємнісних подільниках напруги.

У подібних пристроях, антена-сенсор підключається до виходу робочого генератора через роздільний конденсатор малої ємності, при цьому, в точці з'єднання антени і вищевказаного конденсатора, утворюється робочий потенціал, рівень якого залежить від ємності антени, при цьому, антена-

									Арк.
									20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

сенсор і розділовий конденсатор утворюють ємнісний подільник і при наближенні будь-якого об'єкта до антени, потенціал в точці її з'єднання з розділовим конденсатором знижується, що є сигналом до спрацьовування пристрою.

Існують також схеми на RC-генераторах. У даних конструкціях, наприклад, для формування сигналу спрацьовування використовується RC-генератор, у якого елементом що задає частоту є антена-сенсор, ємність якої зростає при наближенні до неї будь-якого об'єкта. Сигнал, що задається ємністю антени-сенсор, порівнюється потім зі зразковим сигналом, що надходять з виходу другого, еталонного генератора.

У сенсорах на розгорнутих конденсаторах, в якості антени-сенсора використовуються дві плоскі металеві пластини, розміщені в одній площині. Дані пластини є обкладками розгорнутого конденсатора і при наближенні будь-яких об'єктів, змінюється діелектрична проникність середовища між обкладками і, відповідно, збільшується ємність такого конденсатора, що є сигналом до спрацьовування сенсора.

Характерною особливістю ємнісних сенсорів на конденсаторах є їхня невисока стійкість – на входах подібних пристроїв не міститься елементів, здатних ефективно гасити сторонні впливи. Радіоперешкоди, що приймаються антеною утворюють на вході пристрою велику кількість шумів і завад, роблячи подібні конструкції нечутливими до слабких сигналів. Через це, діапазон виявлення об'єктів у сенсорів на конденсаторах досить малий, наприклад, наближення людини вони виявляють на відстані, що не перевищує 10-15 см. Разом з тим, подібні пристрої можуть бути вельми простими за своєю конструкцією, завдяки відсутності потреби у використанні котушок, контурів та ін., завдяки чому, дані конструкції досить зручні у виготовленні.

									Арк.
									21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				123.KI-41.4	

### 1.3.2. Ємнісні сенсори на LC-контурі, що задають частоту

Пристрої даного типу менш схильні до дій радіоперешкод і наведень в порівнянні з сенсорами на конденсаторах. Антена-сенсор, зазвичай металева пластина, приєднується безпосередньо, або через конденсатор ємністю в кілька десятків пФ до LC-контуру, що задає частоту генератора високочастотних коливань. При наближенні будь-якого об'єкта збільшується ємність антени і, відповідно, – ємність LC-контура. В результаті падає частота генератора і відбувається спрацьовування аналізатора.

Особливості ємнісних сенсорів даного типу є те, що LC-контур, з приєднаною до нього антеною-сенсором це частота генератора, внаслідок чого, через елементи позитивного зворотного зв'язку, імпульсні та радіоперешкоди, просочуються на вхід активного елементу генератора і посилюються в ньому, утворюючи на виході пристрою сторонні шуми, що знижують чутливість конструкції до слабких сигналів і створюють небезпеку помилкових спрацьовувань. LC-контур, що працює в якості елемента генератора, значно навантажений і має знижену добротність, в результаті чого, знижуються вибіркові властивості контуру і погіршується його здатність змінювати своє налаштування при зміні ємності антени, що додатково знижує чутливість конструкції.

Вищевказані особливості сенсорів на LC-контурному генераторі обмежують його стійкість та діапазон виявлення об'єктів. Так відстань виявлення людини сенсорами цього типу становить, зазвичай, 20-30 см. Також є декілька різновидів і модифікацій ємнісних сенсорів, які необхідно розглянути.

### 1.3.3. Сенсори з кварцовим резонатором

У таких приладах, наприклад, з метою підвищення чутливості і стабільності частоти генератора, введені: кварцовий резонатор і диференційний високочастотний трансформатор, первинна обмотка якого є елементом контуру, що задає частоту генератора, а дві його вторинних

									Арк.
									22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.KI-41.4

ідентичних обмотки є елементами вимірювального моста, до якого підключається антена-сенсор, послідовно поєднана з кварцовим резонатором, і при наближенні до антени будь-якого об'єкта формується сигнал спрацювання. Чутливість у подібних конструкцій вище в порівнянні зі звичайними сенсорами на LC-контурі, однак для них потрібне виготовлення диференціального високочастотного трансформатора.

#### 1.3.4. Сенсори з LC-контуром відсмоктувачем

Дані конструкції – ємнісні сенсори, в які з метою підвищення чутливості введений додатковий LC-контур – відсмоктувача, індуктивно пов'язаний з контуром що задає частоту генератора і налаштований на резонанс з цим контуром. Антена-сенсор, при цьому, підключається не до контуру, що задає частоту, а до вищезазначеного LC-контура відсмоктувача, що включає в себе конденсатор малої об'єму та соленоїд, індуктивність якого – збільшена. Ємність контурного конденсатора, при цьому, повинна бути невеликою – на рівні 330000 – 750000 пФ.

Таким чином ємність антени-сенсор прирівнюється до ємності даного контуру, завдяки чому, зміни ємності антени роблять значний вплив на налаштування вищевказаного відсмоктувача LC-контура, при цьому, від налаштування даного контуру в значній мірі залежить амплітуда коливань на контурі що задає частоту генератора і, відповідно, – рівень високочастотного сигналу на його виході. Можна відзначити і те, що в подібних конструкціях зв'язок між антеною і контуром генератора не пряма, а індуктивна, завдяки чому, погодно-кліматичні умови не можуть напряму впливати на роботу активного елементу генератора (транзистора або ОУ), що є позитивним властивістю подібних конструкцій. Як і у випадку з сенсорами на кварцовому резонаторі, підвищення чутливості у ємнісних пристроїв із відсмоктуючим LC-контуром досягнуто за рахунок певного ускладнення конструкції – в даному випадку потрібне виготовлення додаткового LC-контура, що включає

						Арк.
					123.KI-41.4	23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в себе котушку індуктивності з кількістю витків - удвічі більшим в порівнянні з котушкою LC-контур, що задає частоту.

### 1.3.5. Диференціальні ємнісні сенсори

Подібні сенсори, наприклад, відрізняються від вищеописаних конструкцій тим, що мають не одну, а дві антени-сенсора, що дозволяє забезпечити придушення погодно-кліматичних впливів, таких як температура, вологість, сніг, іній, дощ т.д. При цьому, для виявлення наближення об'єктів до будь-якої з антен ємнісного пристрою, використовується симетричний вимірювальний LC-міст, що реагує на зміну ємності між загальним проводом і антеною.

Принцип роботи таких приладів полягає в тому, що чутливі елементи сенсора – антени підключаються до вимірювальних входів LC-моста, а високочастотна напруга, що необхідна для живлення моста, формується в диференціальному трансформаторі, на первинну обмотку якого, з виходу високочастотного генератора подається високочастотний сигнал. Трансформатор диференціальних конструкцій містить дві ідентичні вторинні обмотки, на протилежних кінцях яких, утворюється протифазна змінна високочастотна напруга, для живлення LC-моста. При цьому, на виході моста, високочастотна напруга відсутня тому, що високочастотні сигнали на його виході будуть однакові по амплітуді і протилежні за знаком, у зв'язку з цим, буде відбуватися їхня взаємна компенсація і придушення, зумовлене фактом того, що у вимірювальному LC-мості робочі струми йдуть назустріч один одного і взаємно компенсуються на виході. У своєму початковому стані на виході вимірювального LC-моста сигнал відсутній, в разі наближення об'єкта до будь-якої з антен, збільшується ємність того чи іншого плеча вимірювального моста, викликаючи порушення його балансування, в результаті чого, взаємна компенсація високочастотних сигналів генератора стає неповною і на виході LC-моста з'являється сигнал до спрацьовування пристрою.

									Арк.
									24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.KI-41.4



При цьому, якщо ємність зростає або спадає відразу в обох антен, то спрацьовування не відбувається, тому в цьому випадку балансування LC-моста не порушується і високочастотні сигнали, що протікають в колі LC-моста, як і раніше зберігають однакову амплітуду і протилежні знаки. Завдяки вищезазначеній властивості, пристрої на диференціальних трансформаторах, також, як і описані вище, диференціальні конденсаторні сенсори, стійкі до погодно-кліматичних коливань тому ті впливають на обидві антени однаково і потім взаємно компенсуються і придушуються. Радіоперешкоди, при цьому, не придушуються, усувається лише погодно-кліматичний вплив, тому у диференціальних сенсорів, як і сенсорів на LC-контурі, що задає частоту періодично трапляються помилкові спрацьовування. Антени повинні розташовуватися так, щоб при наближенні об'єкта, вплив на одну з них був більшим, ніж на іншу.

Особливістю диференціальних сенсорів є те, що діапазон виявлення у цих пристроїв вищий в порівнянні з сенсорами на LC-контурі, але при цьому диференціальні сенсори мають складнішу конструкцію та підвищений струм через втрати в трансформаторі, що має обмежений ККД. Крім того, подібні пристрої містять зону зниженої чутливості між антенами.

					123.KI-41.4	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3.6. Резонансні ємнісні сенсори

Сигнал спрацювання в даних конструкціях формується у вхідному LC-контурі, що знаходиться в частково розстроєному стані по відношенню до сигналу з робочого генератора високочастотних коливань, з яким контур з'єднаний через конденсатор малої ємності. Принцип дії подібних конструкцій має дві складові: перша – це налаштований відповідним чином LC-контур, і друга – елемент опору, через який LC-контур підключається до виходу генератора. Завдяки тому, що LC-контур, на схилі характеристики, знаходиться в стані часткового резонансу, його опір в колі високочастотного сигналу сильно залежить від ємності – як своєї, так і ємності приєднаної до нього антени-сенсора. В результаті – при наближенні будь-якого об'єкта до антени, високочастотна напруга на LC-контурі значно змінює свою амплітуду, що є сигналом до спрацювання пристрою. LC-контур при цьому, не втрачає своїх властивостей і ефективно подавляє сторонні впливи, що приходять з антени-сенсора, тобто шунтує на корпус радіоперешкоди, забезпечуючи високий рівень завадостійкості конструкції.

У резонансних ємнісних сенсорах робочий сигнал з виходу генератора високочастотних коливань повинен подаватися на LC-контур через певний опір, величина якого повинна бути приблизно рівною з опором LC-контура на робочій частоті, в іншому випадку, при наближенні об'єктів до антени-сенсору, робоча напруга на LC-контурі буде недостатньо реагувати на зміни опору LC-контура в колі (високочастотна напруга на контурі буде повторювати вихідну напругу генератора).

Можна подумати, що LC-контур, що знаходиться в стані часткового резонансу, буде працювати нестабільно і надмірно залежати від температурних змін. Насправді, за умови використання контурного конденсатора з малим значенням ємності (М33-М75) – контур є досить стабільний, в тому числі і при роботі ємнісного пристрою в польових умовах.

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

123.KI-41.4

Наприклад, при зміні температури від +25 до -12 °С високочастотна напруга на LC-контурі змінюється не більше ніж на 6%.

Окрім цього, в резонансних ємнісних конструкціях антена з'єднана з LC-контуром через конденсатор малої ємності (використовувати сильний зв'язок в подібних пристроях немає необхідності), завдяки чому, погодні дії на антену-сенсор не порушують роботу LC-контура і його робоча високочастотна напруга залишається практично незмінною навіть під час дощу.

За діапазоном резонансні ємнісні сенсори значно перевершують пристрої на LC-контурах із заданням частоти і на диференціальних трансформаторах, виявляючи наближення людини на відстані, що значно перевищує 1 метр. При виготовленні резонансного сенсора, призначеного для роботи в вуличних умовах, потрібна обов'язкова перевірка вхідного вузла на термостабільність, для чого проводиться вимірювання потенціалу на виході детектора при різних температурах (для цього можна використовувати морозильну камеру), детектор при цьому повинен бути термостабільним (на польовому транзисторі). В резонансних ємнісних сенсорах зв'язок між антеною і високочастотним генератором слабкий і тому випромінювання радіоперешкод в ефір у подібних конструкцій дуже незначне – в кілька разів менше в порівнянні з іншими типами ємнісних пристроїв.

#### 1.4. Оптичні сенсори наближення

Сенсори наближення – електронні пристрої що реєструють наявність або відсутність предмета в зоні дії сенсора. Це досить широкий клас сенсорів, робота яких заснована на різних фізичних явищах або принципах дії: ємнісні, індуктивні і оптичні. Індуктивні сенсори наближення реагують тільки на металеві предмети, а ємнісні - можуть фіксувати наявність таких предметів, як скло, вода, пластик і т.д. Діапазон виявлення предметів ємнісних і індуктивних сенсорів лежить в діапазоні від 1-2 мм до декількох сантиметрів. Оптичні сенсори працюють на принципі перекриття або відбивання променя

						Арк.
					123.KI-41.4	27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

світла непрозорим об'єктом. Діапазон виявлення предметів оптичних сенсорів лежить в діапазоні від мм до декількох метрів.

Сенсори працюють з різними технологіями виявлення об'єктів характеризуються простотою, дешевизною і високою стабільністю параметрів. Конкретний тип сенсорів вибирають по їх здатності виявити об'єкт на необхідній відстані. Іншою важливою характеристикою сенсора наближення є тип виходу: релейний або вимірювальний. Релейний вихід спрацьовує при виявленні об'єкта, а вимірювальний формує на виході сигнал, що залежить від відстані до об'єкта. Крім цього, всі сенсори наближення забезпечені системами захисту живлення від перевантаження по струму / напрузі і від неправильного підключення полярності живлення, що робить ці пристрої дуже надійними і зручними в експлуатації.

#### **1.4.1. Інфрачервоні сенсори**

Інфрачервоні сенсори відстані складаються з випромінювача, який випускає промінь інфрачервоного світла, відповідного приймача і логічного модуля.

Випромінювач випромінює промінь інфрачервоного світла. Якщо він не стикається з об'єктом, то він не відбивається і, отже, на пристрій не потрапляє промінь світла. Однак, якщо світло відбивається від об'єкта, то промінь світла виявляється на певній відстані від приймача. Так як усередині сенсора фотопередавач і приймач розташовані на малій відстані один від одного, то випускається і одержуваний промені світла утворюють трикутник. Приймач складається з детектора положення, який дозволяє визначати різні точки падіння. У модулі обробки аналогових сигналів вони перетворюються в аналогове значення напруги.

Детектор положення – це багат шаровий фотодіод. Він складається з світлочутливого і металевого шару. На межі цих шарів винесені металеві електроди. Коли промінь світла потрапляє на будь-яку точку на цьому світлочутливому шарі, відбувається виділення носіїв заряду, з яких

						Арк.
					123.KI-41.4	28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

формується електричний струм в напрямку двох електродів. Неосвітлені частини шару діють як резистор. Відношення між значенням струму на електродах залежить від положення точки падіння. Встановлене відношення між значеннями струму обробляється в логічному модулі.

Відношення між значеннями струму не залежить від кількості падаючого світла, а отже, вимір відстані не залежить від відбивної здатності і матеріалу об'єкта. Розсіяне світло і сонячне світло відсікаються за допомогою подачі променя світла у вигляді імпульсів. Для оцінки застосовуються тільки отримані сигнали з такою пульсацією. Статичне світло повністю ігнорується. У більшості випадків випромінювач, приймач і модуль обробки сигналу об'єднані в один блок.

#### 1.4.2. Оптиволоконні сенсори

Оптичні сенсори наближення з гніздами для волоконно-оптичних кабелів застосовуються в тому випадку, коли звичайні пристрої займають занадто багато місця. Аналогічно, застосування волоконно-оптичних кабелів є перевагою при роботі на вибухонебезпечних ділянках. За допомогою волоконно-оптичних кабелів можна дуже точно визначити положення об'єктів малого розміру.

Оптиволоконний сенсор розділений на пару пристроїв: волоконно-фотоелектричний підсилювач і оптиволоконний кабель з оптичною голівкою. Кабель пропускає від підсилювача світло. Сенсор виявляє світлову хвилю, яку випромінює випромінювач. З технічної точки зору цей процес має різні реалізації: відстеження кута світлової хвилі, вимірювання кількості світла або вимір часу повернення світлової хвилі з метою вимірювання відстані до предмета.

Оптичне джерело і приймач можуть розташовуватися просто в голівці (дифузного або люмінесцентного типу), або можуть бути виконані окремо – дві голівки (однопроменевий тип). Голівка оптиволоконного сенсора містить електроніку, приймач при цьому з'єднаний з електронною частиною саме за

									Арк.
									29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

123.KI-41.4

допомогою оптоволоконна. Хвилі що приймаються та випромінюються проходять через волокно як, наприклад, це відбувається при високошвидкісній передачі даних в оптоволоконних мережах.

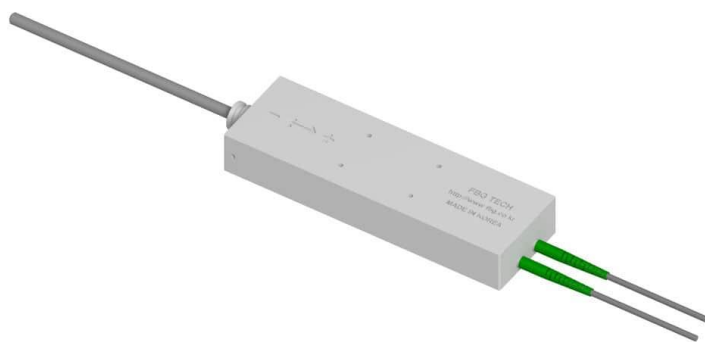


Рис. 1.4. Оптоволоконний сенсор переміщення

Перевага даного поділу полягає в тому, що приймач встановлюється незалежно від електронної частини, а саме там де цього вимагає проблематика завдання. Волоконно-оптичний кабель прокладають і підключають до підсилювача, який може бути розташований під облицюванням, що захищає підсилювач від навколишнього середовища. Підсилювачі бувають простими і складними, зокрема – багатофункціональними, що володіють можливостями виконання логічних і комутаційних операцій.

Підсилювачі волоконно-оптичних сенсорів у своїй базовій комплектації не містять зайвих електронних компонентів і функціональних можливостей, що є перевагою та недоліком водночас. З одного боку це не накладає додаткові обов'язки на користувача, з іншого ж перекладає на нього відповідальність за встановлення та налаштування. Електронні блоки деяких

					123.KI-41.4	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сенсорів здатні обробляти більше 10 вхідних сигналів з волокон. Безумовно, є індикація. Індикатори показують, чи коректно працює сенсор.

Інтерфейс для контролера визначається форматом виведення. Тут передбачені як настройка сенсора, так і скидання налаштувань підсилювача. Виходи бувають нормально роз'єднаними, нормально замкнутими, колекторними та емітерними. З'єднання монтуються за допомогою кабелю із багатоконтактним гніздом. Програмування здійснюється за допомогою кнопок або потенціометром.

Додаткову гнучкість дають такі опції оптичних сенсорів як: затримка увімкнення та вимкнення, імпульсні виходи, виняток переривчастих сигналів – для коригування параметрів підсилювача в залежності від індивідуальних вимог виробничого процесу. Затримки дозволяють уповільнити реакцію робочого органу, переривчасті сигнали - слугують знаком того, що умови роботи порушені.

Серед просунутих опцій можлива індикація вихідного стану або наявності дисплея з відомостями про сигнали на станах виходу, що дозволяють проводити діагностику і програмувати сенсор на місці. Для більш стійких вимірювань в умовах мінливості навколишнього середовища підійде сенсор зі збільшеною частотою дискретизації і з фільтрацією сигналу. І хоча блок буде працювати на низькій частоті, для ПЛК це буде корисно. Затримки увімкнення та вимкнення допоможуть узгодити вихідні і вхідні сигнали. Застосування допоміжних блоків розширить можливості програмування, наприклад можна налаштувати чутливість вимірювального елемента при роботі з особливими матеріалами, такими як скло або запрограмувати увімкнення та вимкнення між точками перемикання: відстеження положення деталі та її позиціонування в просторі. Оскільки оптоволоконні кабелі пропускають не струм, а світло, можливі конфігурації з різних матеріалів та різними ступенями чутливості голівок.

									Арк.
									31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				123.KI-41.4	

Дифузний оптоволоконний кабель складається з пари шпон, одна з яких йде на підсилювач, друга – на чутливу голівку. З чутливої голівкою при цьому з'єднано два кабелі – один для джерела світла, другий – для електроніки. Однопроменевий оптоволоконний кабель містить пару однакових кабелів, кожен з яких підключається до підсилювача і має своєю оптичну голівку. Один кабель слугує для передачі світла, інший – для прийому. Власне волокно, зазвичай, скляне або пластикове. Пластикове – має меншу товщину, дешевше та гнучкіше. Скляне міцніше і може працювати при більш високих температурах. Пластик можна відрізати на необхідну довжину, а скляне ріжуть лише на стадії виготовлення. Оболонка волокна – від екструдованого пластику до обплетення з нержавіючої сталі, для вимогливих умов експлуатації.

Єдиний, мабуть, мінус - не можна надмірно перегинати волокна. Варто перегнути трохи більше, і трапиться непоправна пластична деформація волокон, пропускна здатність знизиться або зовсім пропаде. Допустимий радіус вигину залежить від типу волокна, розміру і дисперсії волокон в пучку. Ці характеристики необхідно враховувати при виборі сенсора для ваших завдань.

Переваги використання волоконно-оптичних пристроїв на оптичних сенсорах наближення:

- Виявлення об'єктів у важкодоступних місцях, наприклад, наскрізних отворах;
- Можливість винесеного монтажу сенсора наближення, якомога далі від “вибагливого” середовища, у якому перебуває автомобіль;
- Точне виявлення дрібних об'єктів;
- Можливість рухомий конфігурації чутливих елементів;
- Висока стійкість до старіння;

										123.KI-41.4	Арк.
											32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							



Серед недоліків – слабкість перед фізичними деформаціями. Надмірне перегинання оптоволокна спричинить падіння пропускнуої здатності. Радіус вигину залежить від типу оптоволокна і дисперсії волокон в пучку.

					123.КІ-41.4	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 2. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ МОДУЛЯ ОТРИМАННЯ ТА ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ

Розібравшись з принципом роботи основних типів сенсорів було зроблено висновок, що найбільш перспективними є сенсори на базі ультразвуку, оптоволокна та нейромережева обробка інформації. Серед головних переваг можна виділити широке застосування цих технологій в даній області, цінову доступність мікроконтролерів та інших складових та документованість, що дає доступ широкій аудиторії прихильників радіотехніки. І хоча системи на базі відеореєстратора мають значно більшу вартість ні, наприклад ультразвукові парктроніки, завдяки величезній кількості матеріалів на тему нейронних мереж, високу варіативність та незалежність від умов роботи, заслуговують до себе належної уваги як перспективний напрям. У розділі буде подано принципи роботи та програмування мікроконтролера Arduino, а також базові прийоми роботи з технологіями штучного інтелекту, що лежать в основі роботи паркувальної системи на базі відеореєстратора.

### 2.1. Паркувальна система на базі мікроконтролера Arduino

#### 2.1.1. Основні положення роботи з Arduino

З практичної точки зору, для створення макету чудово підійде ультразвуковий сенсор на мікроконтролері Arduino. Ультразвукові сенсори відстані Arduino користуються попитом в робототехнічних проектах завдяки своїй відносній простоті, високій точності та доступності. Вони можуть бути використані як прилади, що допомагають оминати перешкоди, отримувати розміри предметів та відстань до них, моделювати карту приміщення і сигналізувати про наближення або видалення об'єктів. До конструкції шуканого сенсора відстані входить ультразвуковий далекомір HC-SR04. Оскільки в основу принципу дії покладено ультразвук, то такий сенсор не підходить для визначення відстані до об'єктів високим ступенем

						123.KI-41.4	Арк.
							34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

звукопоглинання. Ідеальними для вимірювання є предмети з рівною гладкою поверхнею.

На Рис. 2.1. зображено ультразвуковий сенсор відстані Arduino HC-SR04, що є приладом безконтактного типу, і забезпечує високоточне вимірювання і стабільність роботи.



Рис. 2.1. Аналізатор відстані Arduino HC-SR04

Діапазон дальності його вимірювання складає від 2 до 400 см. Електромагнітні випромінювання і сонячна енергія не здійснюють істотного впливу на роботу аналізатора. У комплект модуля з HC SR04 Arduino також входять ресивер і трансмітер.

Напругу живлення	5 В
Робочий параметр сили струму	15 мА
Сила струму в пасивному стані	< 2 мА
Оглядовий кут	15°
Сенсорна роздільна здатність	0.3 см
Ширина імпульсу	10 - 6 с
Вимірювальний кут	30°

Таблиця 2.1. Технічні параметри HC SR04

Сенсор оснащений чотирма виводами (стандарт 2.54 мм):

- Контакт живлення позитивного типу  $\pm 5$  В;
- Trig(T) – вихід сигналу входу;
- Echo(R) – вивід сигналу виходу;
- GND – вивід «Земля»;

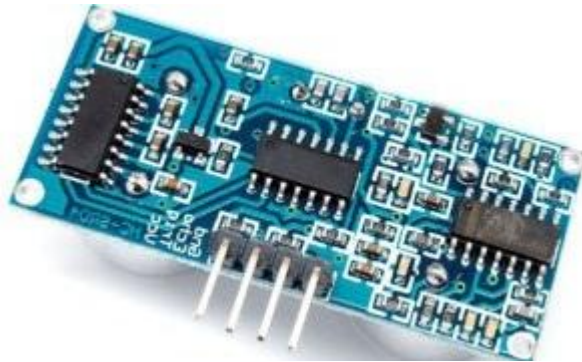


Рис. 2.2. Аналізатор відстані Arduino HC-SR04, вигляд знизу

Для отримання даних, необхідно виконати таку послідовність дій:

- Подати на вихід Trig імпульс тривалістю 10 мкс;
- В ультразвуковому далекомірі HC-SR04 підключеному до Arduino відбудеться перетворення сигналу у 8 імпульсів з частотою 40 кГц, які через випромінювач будуть надіслані далі;
- Коли імпульси дійдуть до перешкоди, вони відіб'ються від неї та будуть прийняті приймачем R, що забезпечить наявність вхідного сигналу на виході Echo;
- На стороні контролера отриманий сигнал за допомогою формул варто перевести в відстань;
- При розподілі ширини імпульсу на 58.2, будуть отримані дані в сантиметрах, при розподілі на 148 – в дюймах;

									Арк.
									36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				123.KI-41.4	

Наступним кроком необхідно виконати підключення ультразвукового сенсора відстані до плати Arduino.

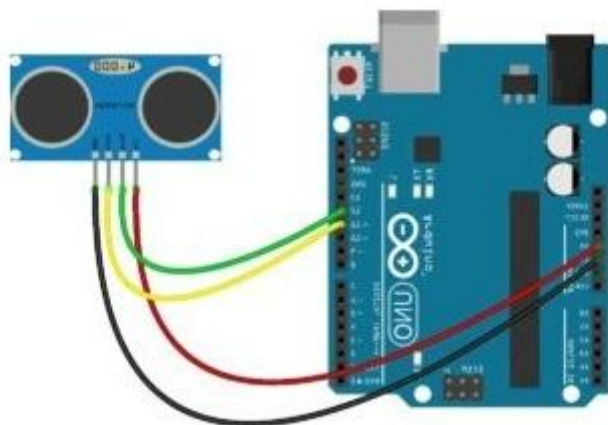


Рис 2.3. Підключення HC-SR04 до Arduino

Контакт землі приєднується до виводу GND на платі Arduino, вихід живлення з 5V. Виходи Trig і Echo приєднуємо до Arduino на цифрові піни.

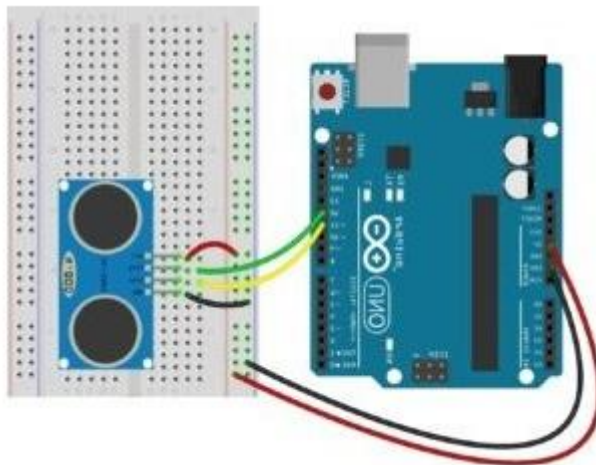


Рис 2.4. Варіант підключення з допомогою макетної плати

### 2.1.2. Бібліотека для роботи з HC-SR04

Програмна частина проекту на Arduino розробляється на діалекті C++. Програмування ведеться цілком через власну IDE, що доступна безкоштовно на сайті Arduino. Програмний код, написаний під Arduino називають скетчем. Для полегшення роботи з сенсором відстані HC-SR04 скористаємось готовою

									Арк.
									37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

бібліотекою NewPing. Вона не має проблем з пінговими доступами і додає деякі нові функції. До особливостей бібліотеки можна віднести:

- Можливість роботи з різними ультразвуковими сенсорами;
- Може працювати з сенсором відстані всього через один пін;
- Відсутність відставання на 1 секунду при відсутності пінгу відлуння;
- Для простої корекції помилок є вбудований цифровий фільтр;
- Максимально точний розрахунок відстані.

### **2.1.3. Точність вимірювання відстані сенсором HC-SR04**

Точність сенсора залежить від декількох факторів:

- температури і вологості повітря;
- відстані до об'єкта;
- розташування щодо сенсора (згідно діаграми випромінювання);
- якості виконання елементів модуля сенсора.

В основу принципу дії будь-якого ультразвукового сенсора закладено явище відбивання акустичних хвиль, що поширюються в повітрі. Як було досліджено в параграфі 1.1. швидкість поширення звуку в повітрі залежить від набору факторів. Сенсор, випускаючи хвилі і заміряючи час до їхнього повернення, не має даних, в якому середовищі вони будуть поширюватися і бере для розрахунків деяку середню величину. В реальних умовах через фактора температури повітря HC-SR04 похибка становить приблизно 3-5 см. Фактор відстані до об'єкта важливий, тому що росте ймовірність відбиття від сусідніх предметів, до того ж і сам сигнал загасає з відстанню. Також для підвищення точності треба правильно направити сенсор: зробити так, щоб предмет був в рамках сектору, діаграми поширення ультразвукової хвилі, рекомендованої для HC-SR04 Рис. 2.5.

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

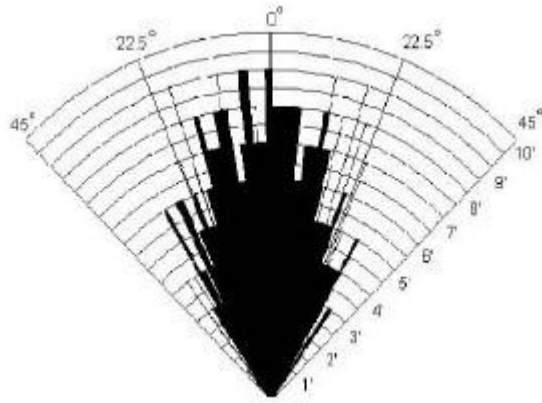


Рис 2.5. Діаграма поширення звукової хвилі

Для зменшення помилок і похибки вимірювань зазвичай виконуються наступні дії:

- береться середнє значення вимірів;
- за допомогою додаткових температурних сенсорів (наприклад, DHT11 або DHT22) визначається температура і вносяться коригувальні коефіцієнти;

#### 2.1.4. Приклад програмного коду для демонстрації роботи приладу

Для початку розглянемо скетч без використання сторонніх бібліотек. Весь програмний код підрозділу 2.1.4. було винесено в додаток А. Надалі буде коротко описано послідовність дій, що відбуваються у програмному кодї лістингу 1. В перших рядках відбувається ініціалізація базових констант, інструкцією `#define`, а саме:

- `PIN_TRIG` – константа, що означає пін виходу сигналу входу
- `PIN_ECHO` – константа, що означає пін виводу сигналу виходу

Визначаємо вводи і виводи функцією `pinMode()`. Виставивши з допомогою `delayMicroseconds()` інтервал в 5 мікросекунд, сенсор відстані переводиться в режим ехолокації, командами `digitalWrite()`, при якому в навколишній простір посилаються ультразвукові хвилі з частотою 40 кГц.

Отримуємо значення відстані. Для цього чекаємо, поки HC-SR04 видасть на вході ECHO імпульс, пропорційний відстані. Ми визначаємо тривалість

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

імпульсу за допомогою функції `pulseIn()`, яка поверне нам час, що минув до зміни рівня сигналу (в нашому випадку, до появи зворотного фронту імпульсу), а також отримавши час, ми розраховуємо відстань в сантиметрах шляхом ділення значення на константу, що для сенсора SR04 становить 29.1, і перемножуємо на два, оскільки враховуємо шлях повернення сигналу. Методом `print()` виводимо значення на екран, на випадок якщо програмний код тестується в IDE Arduino.

Якщо сенсор відстані не виконує зчитування сигналу, то перетворення вихідного сигналу ніколи не прийме значення короткого імпульсу – LOW. Так як у деяких сенсорів час затримки варіюється в залежності від виробника, рекомендується при використанні зазначених скетчів виставляти його значення вручну, що було зроблено на початку циклу.

Якщо відстань становить понад 3 метри, при якій HC-SR04 починає погано працювати, час затримки краще виставляти більше 20 мс, тобто 25 або 30 мс.

### **2.1.5. Приклад програмного коду з використанням бібліотеки NewPing**

Розглянемо варіант скетчу з використанням бібліотеки NewPing, яка має багато готових рішень, завдяки чому код істотно спрощується. У цьому підрозділі буде описано програмний код лістингу 2. При написанні скетчу використовувався наступний варіант конфігурації пінів підключення сенсора:

- VCC: + 5V;
- Trig: 12 пін;
- Echo: 11 пін;
- Земля (GND): Земля (GND);

Директивою `#include` підключаємо вибрану бібліотеку. Як і в попередньому скетчі визначаємо базові константи, а також додаємо нову `MAX_DISTANCE`, що позначає максимальну відстань що вважається коректною. Створюємо об'єкт класу NewPing, як параметри передаємо номери пінів, до яких підключені виходи ECHO і TRIG сенсора, за

									Арк.
									40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



допомогою яких підключається сенсор відстані і використовувати методи об'єкта. Ініціалізуємо взаємодію по послідовному порту 9600, методом `begin()`, об'єкту `Serial`. Вказуємо стартову затримку `delay()` для коректної роботи. Отримуємо значення від сенсора методом `ping_cm()` та зберігаємо у змінну `distance`. Завдяки готовому методу `ping_cm()`, відсутня потреба обчислення відстані та переведення її значення у необхідну величину. Після чого відбувається вивід отриманого значення в `stdOut` методом `print()`, якщо код виконується у середовищі програмування `Arduino`.

### **2.1.6. Приклад підключення аналізатора HC-SR04 з одним піном**

Підключення HC-SR04 до `Arduino` може бути виконано за допомогою використання одного піна. Програмний код цього підрозділу знаходиться у лістингу 3. Такий варіант стане в нагоді, якщо відбувається робота з великим проектом і є брак вільних пінів. Для цього потрібно встановити між контактами TRIG і ECHO резистор номіналом 2.2 кОм і підключити до `Arduino` контакт TRIG. Щодо програмної реалізації, у програмному коді взятому із розділу 2.2.5 для роботи з одним піном визначимо єдину константу `PIN_PING`, оскільки пін `Arduino` з'єднаний з пінами `trigger` і `echo` на сенсорі відстані. Інша частина програмного коду залишається незмінною.

## **2.2. Модуль отримання та обробки інформації на базі відеокамери**

Найбільшою перевагою такої системи буде наявність великої кількості інформації для водія. Це і чистий відео-потік без попередньої обробки, покладаючи цю роботу на самого водія, надаючи можливість інтерпретувати інформацію самостійно. Також завдяки сучасним системам розпізнавання інформації, можна отримати максимально повну вибірку найближчих об'єктів та відстань до них. Недоліком такої системи, очевидно, є висока вартість якісної камери, проблеми при роботі у середовищі з малим освітленням і, що більш важливо, складність програмного продукту, на який покладено розпізнавання та обробку інформації від відео-модуля. У цьому

									Арк.
									41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				123.KI-41.4	

розділі буде реалізовано примітивний варіант програмної частини такого модуля. Оскільки технологія запису відео є дуже поширеною, опис принципів дії камери буде пропущено. Для реалізації буде використано технологію deep learning, мультиплатформову бібліотеку OpenCV та Python версії 3.8. Спочатку необхідно імпортувати необхідні модулі. Argparse – для створення мінімалістичного інтерфейсу командного рядка, numpy – бібліотека для роботи з математичними обчисленням, cv2 – для роботи з окремими зображеннями, imutils – частина великої бібліотеки OpenCV – універсального інструменту аналізу та розпізнавання об’єктів. Весь програмний код цього розділу знаходиться у додатку 1, лістинг 4.

Для початку необхідно підключити бібліотеки, згадані вище. Ця дія здійснюється з допомогою конструкції import from. Завдяки бібліотеці Argparse, напишемо мінімалістичний інтерфейс роботи з командного рядка. Задамо ключі, де p – абсолютний шлях до протофайлу, m – шлях до заготовленої моделі даних, c – мінімальний відсоток співпадіння. Далі додамо основні класи та набори кольорів у вигляді констант, де перша це список заздалегідь підготовлений об’єктів, на які натренована мережа та 256 базових кольорів. Після, завантажимо серіалізовану модель, вказуючи шлях до протофайлу та налаштуємо потік відео. Напишемо компактний цикл для роботи зі потоком. Зчитаємо кадри методом frame, об’єкта VideoStream, виконуємо заміри методом resize модуля imutils, зберігаємо ширину та висоту кадру та перетворюємо в blob об’єкт. Встановлюємо blob як вихідні дані для нашої нейромережі і передаємо ці дані через NET, яка відшукує предмети. Отримавши предмети з відеопотоку необхідно відфільтрувати їх, для отримання шуканих результатів. На початку циклу відбувається прохід по detections, пам’ятаючи, що кілька об’єктів можуть бути сприйняті як єдине зображення. Виконаємо перевірку на валідність для кожного виявлення. Якщо валідність досить велика (тобто вище заданого порогу), буде відображене пророкування в терміналі, витягаємо індекс лейбла в класі.

						123.KI-41.4	Арк.
							42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Потім, витягаємо  $(x; y)$  – координати рамки які будемо використовувати для відображення прямокутника і тексту. Робимо текстовий лейбл, що містить ім'я з CLASS і значення валідності. Також, малюємо кольорової прямокутник навколо об'єкта, використовуючи кольору класу і ранне витягнуті  $(x; y)$  – координати. В загальному, потрібно, щоб лейбл розташовувався над кольоровим прямокутником, однак, може виникнути така ситуація, що зверху буде недостатньо місця, тому в таких випадках виводимо лейбл під верхньою стороною прямокутника. Нарешті, накладаємо кольоровий текст і рамку на кадр, використовуючи значення "у", яке тільки що вирахували.

Далі, виводимо кадр, фіксуємо натискання клавіші, перевіряючи, чи не натиснута клавіша "q" (quit). Якщо умова істинна, виходимо з циклу. Нарешті, оновлюємо наш лічильник FPS.

					123.KI-41.4	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 3. СУЧАСНІ СИСТЕМИ ПАРКУВАННЯ ТА ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СТВОРЕННЯ ПАРКУВАЛЬНИХ ЦЕНТРІВ

### 3.1. Сучасні системи паркування

В основу сучасних паркувальних центрів може бути покладено електронні паркувальні системи, що значною мірою оптимізують роботу підприємства такого типу. Сучасні майданчики паркування мають декілька поверхів, що завдає чималого дискомфорту в плані паркування автомобіля особливо для водіїв-початківців. Проблема такого роду, зазвичай, вирішується прийняттям на роботу досвідченого водія, який виконає цю роботу замість клієнта. Сучасні технологія пропонують два додаткових варіанти вирішення цієї проблеми. Першим є електронні паркувальні асистенти, в основу яких покладено сенсори аналізу відстані до об'єктів, принцип роботи яких було розглянуто раніше. Завдяки ним вірогідність невеликих зіткнень, небажаних аварій суттєво знизиться. Також це очевидно полегшить паркування автомобіля у багатоповерхових паркувальних центрах, особливо для водіїв початківців. Інший варіант – роботизовані системи. В таких системах обов'язки водія переходять роботу, який буде здійснювати основну роботу. Оскільки паркування не включає високий дорожній трафік та контроль пішоходів, це завдання це досить підйомним для сучасних технологій. Такі системи активно розробляються та тестують у розвинутих країнах Європи та США. В основу цієї технології покладено нейронні мережі та відеореєстратори. У найпростішій системі камера надає відеопотік, який згодом обробляється, заздалегідь натренованою на розпізнавання дорожніх об'єктів, нейромережею. Цей підхід передбачає ряд проблем, які досі не є підйомними для такої системи:

- Висока вартість обладнання, матеріалів та робочої сили, що необхідна для проектування, створення і тестування цієї системи;
- Рентабельність такого приладу та його доступність підприємцям.

						Арк.
					123.KI-41.4	44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Стійкість такої системи до вимогливих умов експлуатації;
- Конкуренція з більш дешевими аналогами на основі оптоволокна та ультразвукових аналізаторів;

### 3.2. Економічна ефективність створення паркувальних центрів

Говорячи про економічну складову створення парко центрів, необхідно врахувати затрати на побудову, обладнання та кінцеву рентабельність. Особливо гостро стоїть питання у великих містах, наприклад у ділових районах столиці, де концентрація автомобілів перевищує будь-які норми. Не беручи до уваги вартість побудови, паркувальні центри є вигідними як для підприємця так і для держави. Серед аргументів “за” можна виділити:

- Зниження рівня користування особистим автотранспортом, спонукаючи використовувати громадський транспорт, таксі, велосипед, або залишати автомобілі на придорожніх паркінгах;
- Обладнуючи платні вуличні паркувальні центри, відбуваються надходження в бюджет, завдяки сплаті податків від підприємців, а також збільшенню числа користувачів громадськими видами транспорту;
- У випадку з виникненням дефіциту місць на вулиці, стає рентабельним облаштовувати паркінги на окраїнах міст;

Проте, не можна не згадати і недоліки подібних ініціатив:

- Без певних пільг та підтримки з боку держави, існує ризик втрати рентабельності підприємства, через великі затрати на землю, будівництво, обладнання та персонал;
- Історично, багато водіїв привикли ставити автомобілі без певних правил, затвердження яких приведе до протестів та падіння рейтингу чиновників, що приймали це вкрай не популярне рішення;
- Паркувальний центр необхідний у місцях великого скупчення машин, тобто у районних центрах та столиці. Села, та міста сільського типу не

									Арк.
									45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	123.КІ-41.4				

відчувають гострої потреби у таких закладах та не принесуть бажаний дохід підприємцю.;

- Оскільки всі затрати будуть включені у вартість місця, імовірно ціна буде не з дешевих, а як наслідок не кожен водій зможе дозволити собі це;
- Місцезнаходження паркувального центру не завжди вигідне для водіїв;

Врахувавши всі переваги та недоліки можна дійти до висновку, що така система можлива лише у випадку суттєвої підтримки ініціатора з боку державних органів, зміни актуального законодавства та відповідними перемовинами зі спільнотою водіїв з метою пошуку компромісу для спірних питань. Тим не менш, вона надасть суттєві покращення для пішоходів та міської екосистеми в цілому, що, однозначно, позитивно відобразиться на економічному та соціальному рейтингу міста та його привабливості для зовнішніх інвестицій.

### **3.3. Техніка безпеки та охорона праці при експлуатації паркувальних систем**

Які і будь-який електронний прилад, парктронник повинен бути максимально ізольованим від впливу навколишнього середовища, задля запобігання непередбачуваному виходу з ладу. Подібні випадки можуть спричинити ДТП, займання автомобіля, а також автомобілів поблизу. Оскільки система не повинна залежати від навколишнього середовища, необхідно на стадії проектування забезпечити ізоляцію всіх модулів від впливу вологості, пилу, фізичних деформацій. Для цього використовують водонепроникні матеріали для ізоляції контактів, міцну, бажано металеву, облицювання корпусу. Також необхідне створення вакууму у критичних для функціонування приладу місцях. На програмній частині, варто передбачити набір вказівників, що сигналізуватимуть про різнотипні неполадки, такі як часткова несправність або повний вихід з ладу, щоб водій вчасно встиг взяти

					123.КІ-41.4	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ситуацію під контроль. Задля комфортного користування, обов'язково, варто створити інструкцію по експлуатації та впровадження електронного приладу в систему автомобіля, таким чином уникнувши непередбачуваних ситуацій, що можуть бути спричинені некоректним встановленням та налаштуванням паркувальної системи. Також, при проектуванні слід враховувати можливий технічний стан автомобіля, щоб функціонування парктронника залежало від нього якомога менше.

					123.KI-41.4	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблена автоматизована паркувальна система.

Проведено загальний аналіз можливої паркувальної системи, окреслено базові положення такої системи, її можливості та основні вимоги. Оглянуто сфери застосування та перспективи промислового випуску таких приладів.

Після детального літературного аналізу основних модулів було зроблено висновки на рахунок можливості застосування певних елементів вибірки як основних джерел інформації для подальшої обробки електронікою. Для реалізації було вибрано найбільш вигідні варіанти у цінovій та функціональній категорії.

Для реалізації прототипу майбутньої системи, як найбільш перспективні варіанти, було обрано ультразвуковий сенсор на базі мікроконтролера Arduino, а також відеоаналізатор у якому сирий відеоматеріал буде проаналізовано штучним інтелектом. Для написання програмної частини ультразвукового сенсора було використано діалект C++ та бібліотеку NewPing. Для програмної реалізації нейромережі було використано мову технологію Python та бібліотеку OpenCV.

Розроблено програмну частину ультразвукового сенсора Arduino удосконаливши яку, можна створити повноцінну, готову до промислового виготовлення паркувальну систему. Також реалізовано програмну частину системи на базі відеореєстратора з використанням новітньої технології deep learning.

Обґрунтовано економічно доцільність створення такої системи та паркувальних центрів. Після аналізу існуючих систем зроблено висновки на рахунок можливості виготовлення екземплярів паркувальної системи на промисловому рівні.

					123.KI-41.4	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Виглеб Г. Датчики. Устройство и применение. Москва. Издательство «Мир», 1989;
2. Новицкий П.В. Электрические измерения неэлектрических величин , 5-е изд., Издательство «Энергия», 1975;
3. Катыс Г. П. Библиотека по автоматике, вып. 6. Оптические датчики температуры. «Госэнергоиздат», 1959 ;
4. Окоси Т. Волоконно-оптические датчики, 1990;
5. Веб-ресурс [Arduino.ua](http://Arduino.ua);
6. Веб-ресурс [proplib.io](http://proplib.io);
7. Розробка принципів і елементів високоефективної системної технології великих інтегральних схем [Текст] : автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.27.06 / Новосядлий Степан Петрович ; Державний ун-т "Львівська політехніка". - Л., 2000. - 34 с. ;
8. Веб-ресурс [www.pyimagesearch.com](http://www.pyimagesearch.com)
9. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. – Глубокое обучение. Москва. Издательство «ДМК Пресс», 2017;
10. Макаров С. Л. Arduino Uno и Raspberry Pi 3. От схемотехники к интернету вещей. Москва. Издательство «ДМК Пресс», 2019.
11. Большой энциклопедический политехнический словарь, 2004.
12. Энциклопедия «Техника». — М.: Росмэн, 2006.
13. Зарембо Л.К., Красильников В.А. Введение в нелинейную акустику. Звуковые и ультразвуковые волны большой интенсивности. — 1966. — 519 с.

										123.КІ-41.4	Арк.
											49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

## ДОДАТОК А

### Лістинг 1.

```
#define PIN_TRIG 12
#define PIN_ECHO 11

long duration, cm;

void setup() {

  Serial.begin (9600);
  pinMode(PIN_TRIG, OUTPUT);
  pinMode(PIN_ECHO, INPUT);
}

void loop() {

  digitalWrite(PIN_TRIG, LOW);
  delayMicroseconds(5);
  digitalWrite(PIN_TRIG, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(PIN_TRIG, LOW);
  duration = pulseIn(PIN_ECHO, HIGH);
  cm = (duration / 2) / 29.1;
  Serial.print("Відстань до об'єкту: ");
  Serial.print(cm);
  Serial.println(" см.");
  delay(250);
}
```

### Лістинг 2.

```
#include <NewPing.h>

#define PIN_TRIG 12
#define PIN_ECHO 11
#define MAX_DISTANCE 200

NewPing sonar(PIN_TRIG, PIN_ECHO, MAX_DISTANCE);
```

									Арк.
									50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				123.KI-41.4	

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  delay(50);
  unsigned int distance = sonar.ping_cm();
  Serial.print(distance);
  Serial.println("cm");
}

```

### Лістинг 3.

```

#include <NewPing.h>

#define PIN_PING 12
#define MAX_DISTANCE 200

NewPing sonar(PIN_PING, PIN_PING, MAX_DISTANCE);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {

  delay(50);
  unsigned int distanceSm = sonar.ping();
  Serial.print("Ping: ");
  Serial.print(distanceSm / US_ROUNDTRIP_CM);
  Serial.println("cm");
}

```

### Лістинг 4.

```

from argparse import ArgumentParser
from imutils import resize
from imutils.video import VideoStream, FPS
# import time
import cv2

```

										Арк.
										51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

```

import numpy as np

ap = ArgumentParser()
ap.add_argument("-p", "--proto", required=True,
                help="deploying proto file")
ap.add_argument("-m", "--mod", required=True,
                help="path to pre-trained model")
ap.add_argument("-c", "--conf", type=float, default=0.2,
                help="min probability to filter weak detections")
args = vars(ap.parse_args())

CLASSES = [
    "pottedplant", "sheep", "tvmonitor",
    "aeroplane", "background", "bicycle",
    "bird", "boat", "chair", "bottle", "bus",
    "sofa", "cat", "cow", "diningtable", "dog",
    "horse", "motorbike", "person", "car", "train",
]

COLORS = np.random.uniform(0, 255, size=(len(CLASSES), 3))
NET = cv2.dnn.readNetFromCaffe(args["proto"], args["mod"])
STREAM = VideoStream(src=0).start()
FPS = FPS().start()

print("getting model and starting streaming...")

while True:
    frame = resize(STREAM.read(), width=400)
    (h, w) = frame.shape[:2]
    blob = cv2.dnn.blobFromImage(cv2.resize(frame, (300, 300)),
                                0.007843, (300, 300), 127.5)

    NET.setInput(blob)
    detections = NET.forward()
    for i in np.arange(0, detections.shape[2]):
        confidence = detections[0, 0, i, 2]

        if confidence > args["conf"]:
            index = int(detections[0, 0, i, 1])
            (startX, startY, endX, endY) = //
                detections[0, 0, i, 3:7] * np.array([w, h, w, \\
                h]).astype("int")

            label = f"{CLASSES[index]}: {confidence * 100:.2f}"

```

									123.KI-41.4	Арк.
										52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

```
cv2.rectangle(frame, (startX, startY), (endX, endY), COLORS[index], 2)
y = startY - 15 if startY - 15 > 15 else startY + 15
cv2.putText(frame, label, (startX, y),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, COLORS[index], 2)
```

```
cv2.imshow("Frame", frame)
```

```
if (cv2.waitKey(1) & 0xFF) == ord("s"):
break
```

```
FPS.update()
FPS.stop()
print(f"elapsed time: {FPS.elapsed():.2f}")
print(f"approx. FPS: {FPS.FPS():.2f}")
```

									Арк.
									53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				123.KI-41.4	