

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Кораблебудівний навчально-науковий інститут

Кафедра будівельної механіки та
конструкції корпусу корабля

“Допущений до захисту”

Завідувач кафедри

к. т. н. Бобров М.М.

« 22 » грудня 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: «Вимірювання динамічних деформацій моделей суднових
конструкцій методом електротензометрування» / «Dynamic deformations
measurement of ship structure models by electrotensometric method»

Виконав: студент 6116М групи

Суханов М.Є.

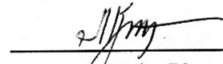
Керівник роботи:

старший викладач

Клименков С.Ю.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально науковий інститут (факультет) Кораблебудівний
Кафедра будівельної механіки та конструкції корпусу корабля
Спеціальність 135 Суднобудування
Освітня програма Конструювання та міцність корпусу суден і плавучих споруд

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Гарант освітньої програми

д.т.н., проф. Коростильов Л.І.
« 04 » вересня 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

студенту Суханов Максим Євгенійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Вимірювання динамічних деформацій моделей суднових конструкцій методом електротензометрування»/ «Dynamic deformations measurement of ship structure models by electrotensometric method.»

Керівник роботи Клименков С.Ю.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора № _____ від “___” _____ 20__ року

2. Строк подання студентом роботи 22.12.2025

3. Вихідні дані до роботи: спрощена модель гофрованої перегородки, тестова балка, тензорезистори різного номіналу

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів):

- 4.1. Розрахунок спрощеної моделі перегородки танкеру для визначення зон концентрації напружень _____
- 4.2. Вибір схеми підключення і характеристик струму _____
- 4.3. Комутація з платою мікроконтролеру ATmega 328P _____
- 4.4. Програма обробки і збереження даних _____
- 4.5. Тестові вимірювання на тарувальному пристрої _____

5. Перелік презентаційних матеріалів:

5.1. Презентація кваліфікаційної роботи в форматі PowerPoint.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	ПІБ консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Клименков С.Ю.	4.09	29.09
2	Клименков С.Ю.	29.09	27.10
3	Клименков С.Ю.	27.10	17.11
4	Клименков С.Ю.	17.11	15.12
5	Клименков С.Ю.	15.12	22.12

7. Дата видачі завдання 04.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	<u>Розрахунок спрщеної моделі перегородки танкеру для визначення зон концентрації напружень</u>	29.09.2025	
2	<u>Вибір схеми підключення і характеристик струму</u>	27.10.2025	
3	<u>Комутація з платою мікрокнтролеру АТМega 328P</u>	17.11.2025	
4	Програма обробки і збереження даних	01.12.2025	
5	Тестові вимірювання на тарувальному пристрої	15.12.2025	
6	Оформлення пояснювальної записки	22.12.2025	

Студент

(підпис)

Суханов М.Є.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Клименков С.Ю.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Об'єкт дослідження – тензометрична збірка на базі мікроконтролера ATmega 328P.

Мета досліджень – тестування збірки тензометричного мосту Вітстона під керуванням мікроконтролера ATmega 328P, встановлення похибки вимірювань і меж застосовності вказаної збірки.

Методика досліджень – чисельна, експериментальна.

Проект містить розрахунки та графічні роботи, виконані на основі існуючих методик і нормативних документів.

У роботі було досліджено тензометричну збірку моста Вітстона керовану мікроконтролером ATmega 328P. Виконано розрахунки міцності моделі гофрованої перегородки танкеру і встановлено зони концентрації напружень. Виконано тестування тензометричної збірки моста Вітстона з тензорезисторами різних типів. Визначено похибки вимірювань і надано рекомендації щодо їх зменшення.

Ключові слова: КОРПУС, ГОФРОВАНА ПРЕРЕГОРОДКА, МІЦНІСТЬ, ТЕНЗОМЕТРУВАННЯ

ABSTRACT

The object of study is the strain gauge assembly based on ATmega 328P microcontroller.

The purpose of the research is testing the Wheatstone strain gauge bridge assembly under driving by the ATmega 328P microcontroller, to establish the measurement errors and the applicable limits of the specified assembly.

Research methodology – numerical, experimental.

The project contains calculations and graphical work performed on the basis of existing methodologies and regulations.

The work investigated the strain gauge assembly of the Wheatstone bridge driving by the ATmega 328P microcontroller. The strength calculations of the corrugated bulkhead model were performed and the stress concentration zones were established. The strain gauge assembly of the Wheatstone bridge was tested with strain gauges of different types. The measurement errors have been identified and recommendations to reduce were made.

Keywords: HULL, CORRUGATED BULKHEAD, STRENGTH, TENSOMETRY

					135.6116м.03.КР.ПЗ	Аркуш
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Розрахунок напруженого стану спрощеної моделі перегородки танкера для визначення місць концентрації напружень	8
2. Вибір схеми підключення і характеристик струму	16
3. Комутація з платою мікроконтролеру ATmega 328P	21
4. Програма обробки і збереження даних	30
5. Тестові вимірювання на тарувальному пристрої	35
Висновки	41
Список використаних джерел	42

					135.6116м.03.МР.ПЗ	Аркуш
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Для з'ясування рівня напружень і деформацій реальних конструкцій та їх моделей широко застосовують метод електротензометрування.

Цей метод базується на зміні електричного опору провідника при зміні його довжини. Якщо довжина скоротшується – опір падає, і навпаки, при видовженні провідника опір зростає. Зміна опору фіксується оператором за допомогою вимірювального обладнання і перераховується у одиниці відносної деформації і відповідні їм напруження. Для знаходження коефіцієнта чутливості тензорезистора використовують еталонну тарувальну балку, деформації якої відомі або ж легко розраховуються. Зазвичай використовують схему симетричної вільно обп'єртої балки з двома консолями, по краях яких прикладені зосереджені сили. За такої схеми між опорами виникають сталі деформації, які легко обчислити по величині зміни прогину або прикладеної сили.

Електричний опір можна вимірювати безпосередньо, але його зміна лежить у вузькому колі значень при значній зміні деформації, тому зазвичай користуються вимірюванням опору групи резисторів, об'єднаних у міст Вітстона. При зміні опору резисторів на відповідних точках мосту змінюються потенціали і виникає електричний струм, пропорційний зміні опору резисторів. При цьому струм не залежить від початкової величини опору, що в рази збільшує чутливість такої схеми.

Для вимірювань зміни опору і відповідних їй деформацій використовують різноманітні прилади, наприклад ИДЦ-1, СИИТ-3 та інші. До недоліків цих систем належить їх інерційність, а от же і неможливість відслідковувати розвиток деформацій у часі. Представлені на ринку останні моделі, хоча і мають сучасний комп'ютерний інтерфейс, мають високий цінік і обмежену кількість каналів підключення (зазвичай 1-4), що ускладнює їх використання для великомасштабних і натурних моделей з великою кількістю датчиків.

Враховуючи викладене, вкрай важливим є питання розробки нових сучасних схем вимірювань, які б дозволили автоматично отримувати, обробляти і зберігати показники, мали достатню кількість підключень, сучасний зручний інтерфейс і можливість транспортування даних у зовнішні програми для подальшої обробки.

					135.6116м.03.МР.ПЗ	Аркуш
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

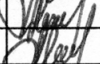
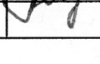
Метою роботи є тестування збірки тензометричного мосту Вітстона під керуванням мікроконтролерів ATmega328P і ATmega2560 на тарувальному пристрої в лабораторії кафедри Будівельної механіки і конструкції корпусу корабля.

Забезпечення поставленої мети пов'язане з вирішенням низки задач:

1. теоретичний розрахунок моделі суднобудівної конструкції з метою виявлення зон концентрації напружень і найбільших деформацій для визначення необхідних границь вимірювань тензорезисторів і місць їх наклеювання;
2. розробка схеми комутації мостів тензорезисторів до плати мікроконтролера;
3. програмування мікроконтролера у відповідності до поставлених цілей;
4. розробка програми зчитування даних СОМ-порту для отримання і зберігання показників тензорезисторів;
5. тестове вимірювання на тарувальному пристрої різних типів тензорезисторів, визначення коефіцієнтів їх чутливості і оцінка точності вимірювань.

Таким чином, об'єктом досліджень в роботі є тензометрична збірка на базі мікроконтролерів ATmega(328P/2560) для вимірів деформації, а предметом досліджень — експериментальне вимірювання деформацій і напружень суднобудівних конструкцій.

					135.6116м.03.МР.ПЗ	Аркуш
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

					КР.135.6116м.08.ПЗ.01				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок напруженого стану спрощеної моделі перегородки танкеру...		Літ	Аркуш	Аркушів
Студент	Суханов М.Є.		29.09						
Консультант	Клименков С.Ю.		29.09				НУК		
Керівник	Клименков С.Ю.		29.09						
Зав. Кафедри	Бобров М.М.								

РОЗДІЛ 1. РОЗРАХУНОК НАПРУЖЕНОГО СТАНУ СПРОЩЕНОЇ МОДЕЛІ ПЕРЕГОРОДКИ ТАНКЕРУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЬ КОНЦЕНТРАЦІЇ НАПРУЖЕНЬ

1.1. Створення тривимірної моделі. Для розрахунку вибрана модель частини гофрованої перегородки з лабораторії «ОНИЛПВ» кафедри будівельної механіки та конструкції корпусу корабля.

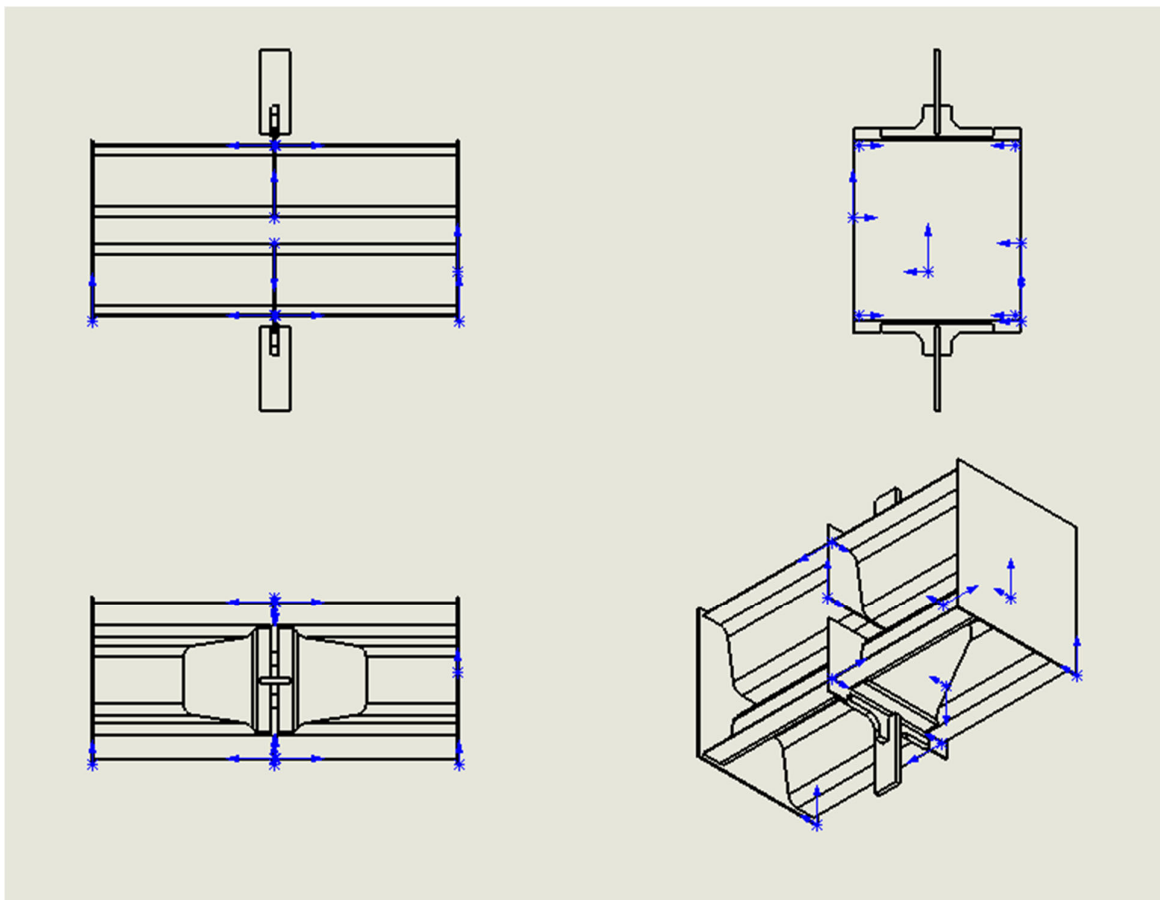
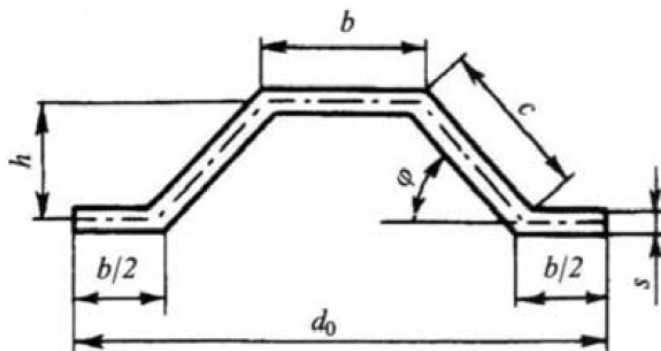


Рисунок 1 – загальний вигляд моделі.



$$s = 4 \text{ мм};$$

$$h = 250 \text{ мм};$$

$$b = 240 \text{ мм};$$

$$d_0 = 550 \text{ мм};$$

$$\varphi \approx 81^\circ.$$

Рисунок 1.2 – Розміри гофри відповідно до [9].

Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

135.6116м.03.КР.ПЗ.01

Аркуш

Модель являє собою 4 частини гофрованої перегородки танкера в районі настилу другого дна, з звареними листами-затулками, об'єднані таким чином, що при прикладенні зовнішнього розтягуючого навантаження імітується тиск рідкого вантажу на площину перегородки в плані. Загальний вигляд моделі і розміри гофри представлені на рис. 1.1 і 1.2.

Радіуси заокруглень між плоскою і нахиленою частинами гофри близько 40 мм, кут нахилу листа-затулки до площини перегородки 55° . Модель є зменшеною копією частини гофрованої перегородки танкера проекту 15966.

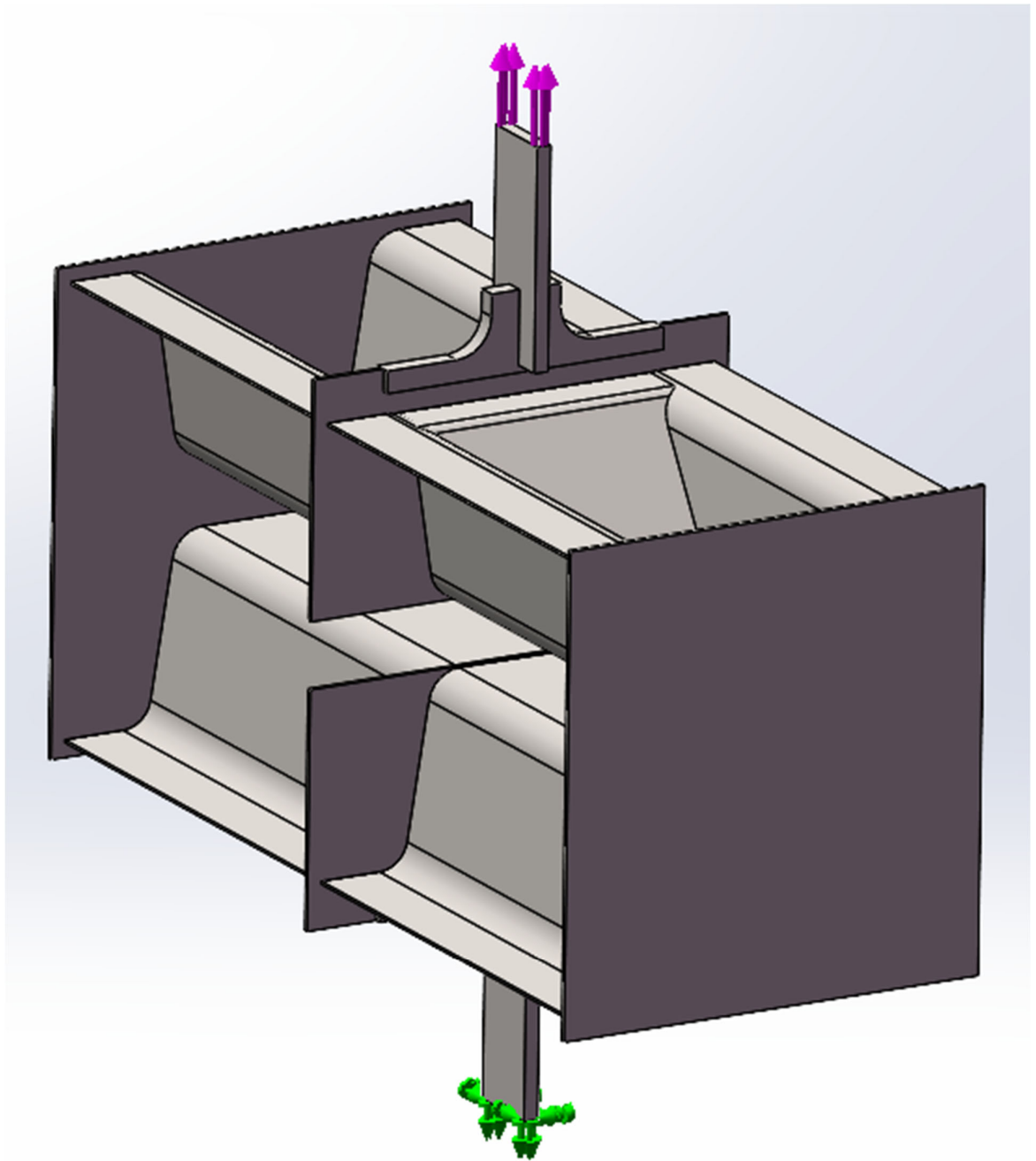
Для створення тривимірної моделі застосовуємо програмний комплекс SolidWorks, з можливістю проведення CAE-аналізу в блоці Simulation. Модель планується дог випробувань на випробувальній машині Р-100 з максимальним розтягуючим зусиллям 100т, додатково обладнаного блоком пульсації з можливістю прикладання пульсуючого розтягуючого зусилля 5-35т.

Розміри моделі взяті безпосередніми замірами існуючого зразка в лабораторії «ОНИЛПВ».

З метою виявлення місць концентрації напружень і зон найбільших деформацій модель була розрахована в блоці Simulation на прикладення статичного розтягуючого навантаження 10т (100 000 кН). Для цього по нижньому захваті було імітоване жорстке затиснення, а по верхньому – прикладене вертикальне розтягуюче зусилля 100 кН. Матеріал моделі – конструкційна сталь, модуль пружності $E = 2 \cdot 10^5$ МПа, коефіцієнт Пуассона $\mu = 0,3$.

Були побудовані епюри максимальних зведених напружень за енергетичною теорією міцності (теорією Мізеса), епюри зміщень і найбільших лінійних деформацій. Модель, схема навантажень і результати розрахунків приведені на рис. 1.3 –1.6.

					135.6116м.03.КР.ПЗ.01	Аркуш
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		



Риунок. 1.3. Схема навантаження

Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

135.6116м.03.КР.ПЗ.01

Аркуш

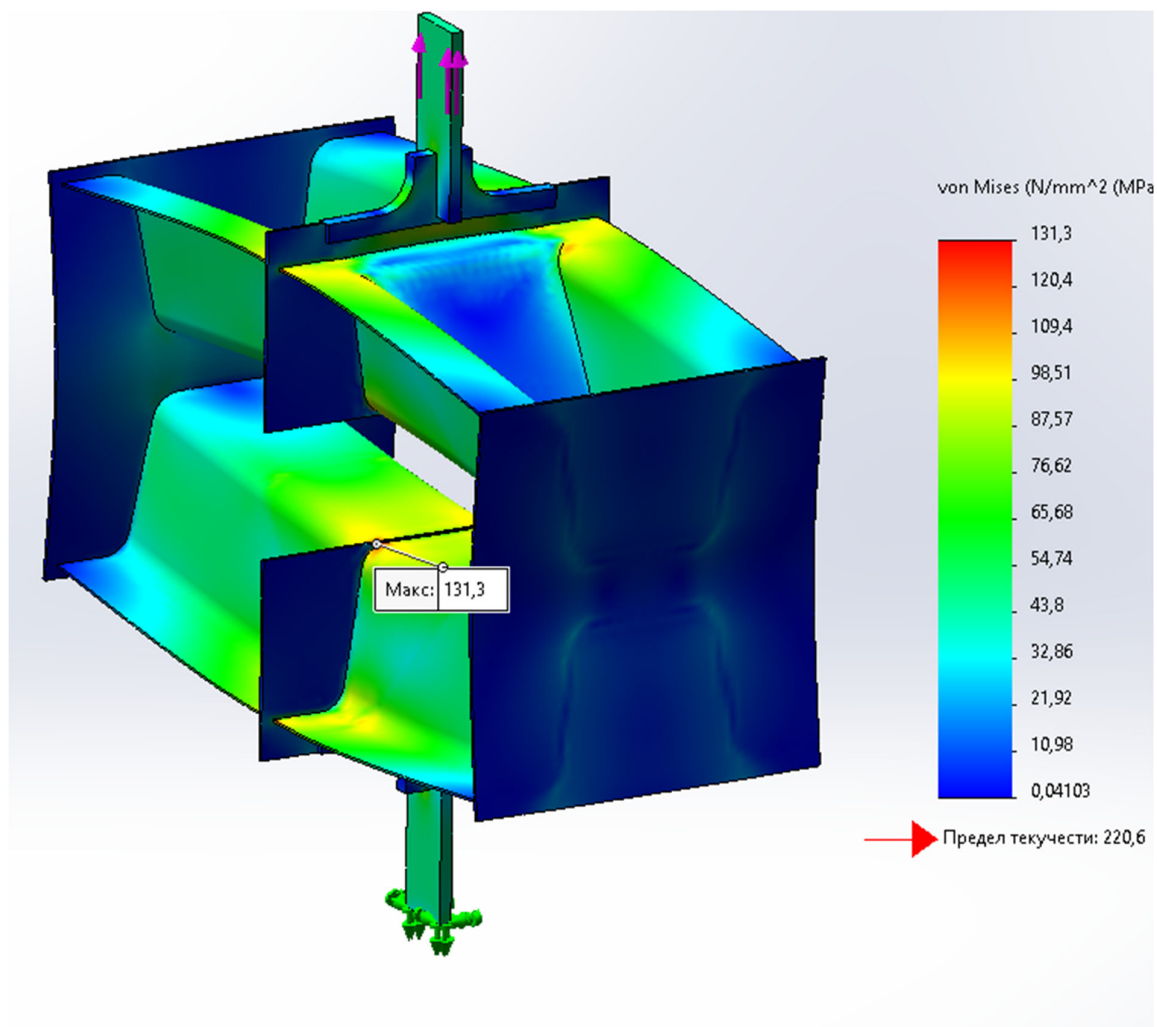


Рисунок 1.4 – Епюра еквівалентних напружень за теорією Мізеса, МПа

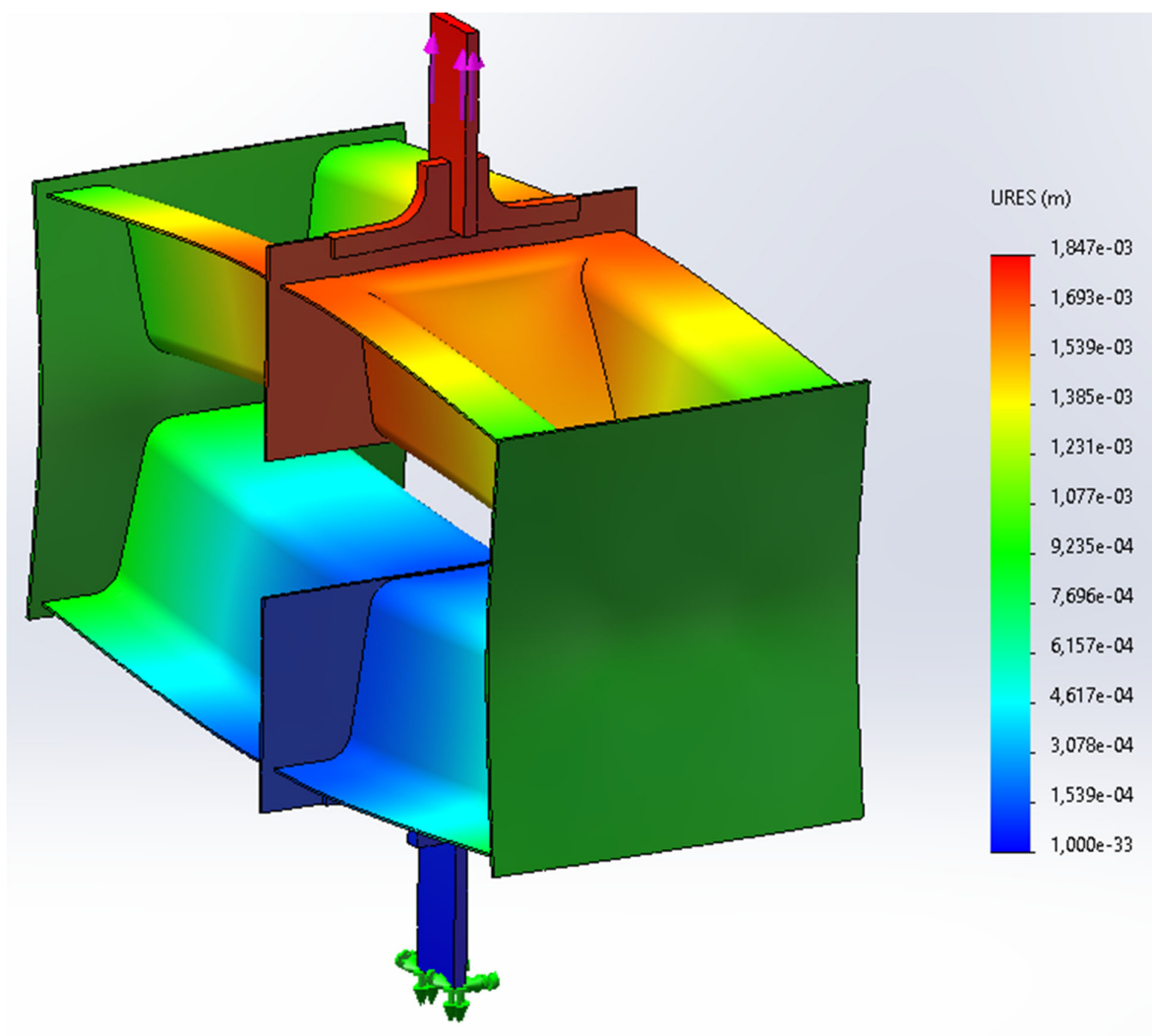


Рисунок 1.5 – Епюра результуючих зміщень, м.

Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

135.6116м.03.КР.ПЗ.01

Аркуш

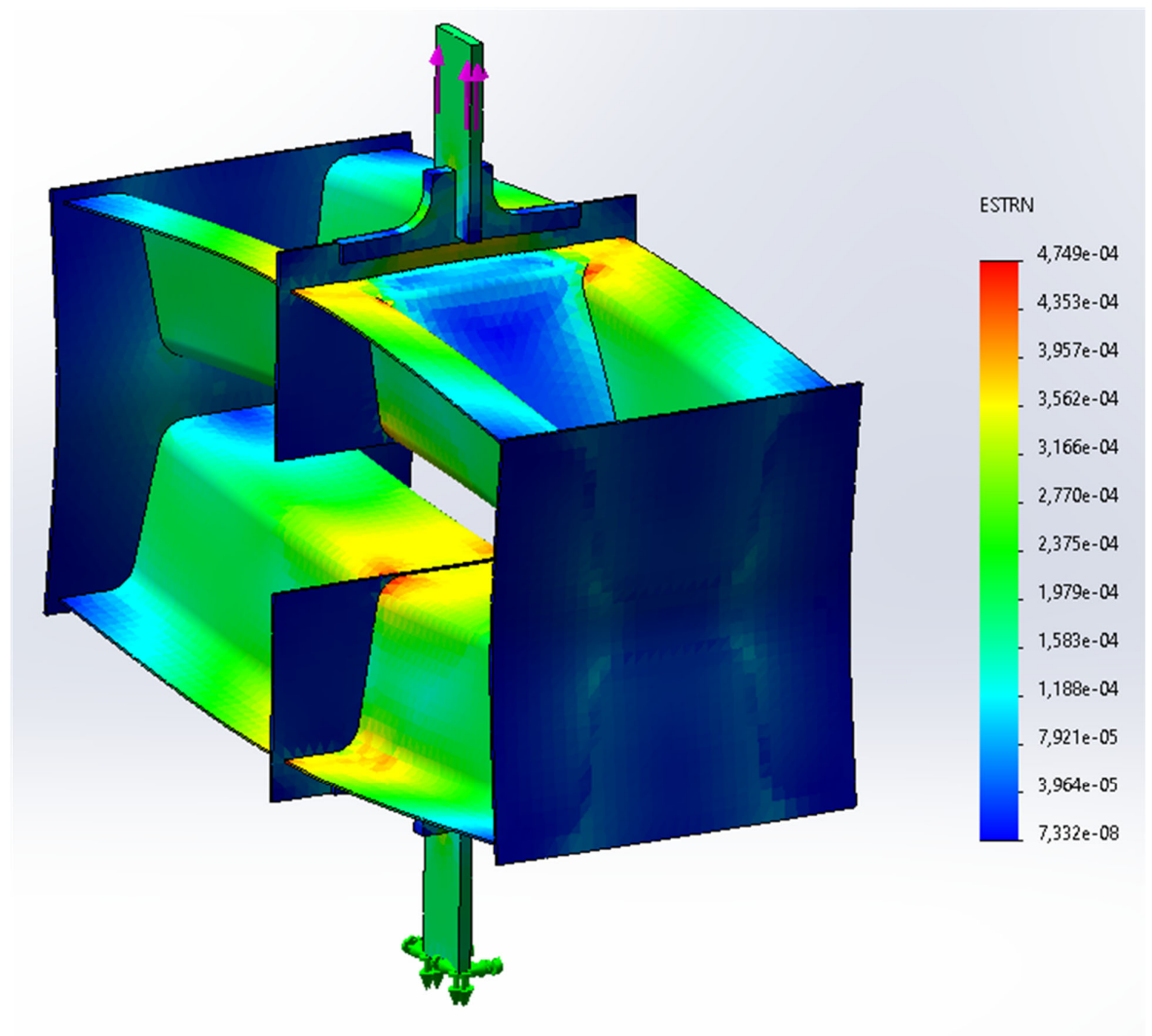
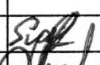
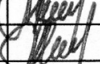
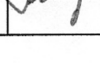


Рисунок 1.6 – Епюра відносних деформацій, ОВД.

Як видно з рис. 1.3 і 1.6 найбільші напруження сягають 131 МПа, Найбільші напруження і деформації виникають в місцях заокруглень гофри в місцях з'єднання з настилом другого і зі сходинкою листа-затулки. Максимальна деформація $4,7 \cdot 10^{-4}$ одиниць відносної деформації.

Таким чином, тензорезистори необхідно наклеювати в «червоних» зонах, чутливість тензорезисторів має забезпечувати вимірювання до $5 \cdot 10^{-4}$ ОВД.

					135.6116м.03.КР.ПЗ.01	Аркуш
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

					КР.135.6116м.08.ПЗ.02			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					Вибір схеми підключення і характеристик струму	Літ	Аркуш	Аркушів
Студент	Суханов М.С.		27.10					
Консультант	Клименков С.Ю.		27.10					
Керівник	Клименков С.Ю.		28.10					
Зав. Кафедри	Бобров М.М.					НУК		

РОЗДІЛ 2. ВИБІР СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ І ХАРАКТЕРИСТИК СТРУМУ

Датчики для вимірювань. В роботі будемо використовувати наступні типи тензорезисторів:

1. 2ПКБ-5-100 дротовий двоконтактний датчик, константовий, на паперовій основі, з базою 5 мм, номінальним опором 100 Ом;
2. 2ПКП-10-100ГВ дротовий двоконтактний датчик, константовий, на плівковій основі, з базою 10 мм, номінальним опором 100 Ом;
3. 2ПКБ-10-200 дротовий двоконтактний датчик, константовий, на паперовій основі, з базою 10 мм, номінальним опором 200 Ом;
4. BF-350-3AA дротовий двоконтактний датчик, константовий, на плівковій основі, з базою 3 мм, номінальним опором 350 Ом.

Тензорезистори розташовані зі сторони де відбувається видовження волокон, парами, симетрично до центру балки. Для компенсації температурних деформацій на полюсу з аналогічного матеріалу наклеєні компенсаційні датчики відповідного типу з розрахунку – один компенсаційний тензорезистор на групу робочих. Для комутації датчиків використані одножильні мідні дроти номінальним діаметром 0,5 мм.

Параметри під'єднання тензорезисторів. Аналізуючи характер деформацій дістаємо висновку, що вони носять локальний характер і можуть суттєво відрізнятись в різних точках моделі, тобто не мостова, не напівмостова схема не може бути використана, так як в цих випадках деформації повинні бути однакової величини та різні за знаком.

Для вимірювання локальних напружень зручно використовувати чвертьмостову схему Вітстона (рис.2.1).

Чотири резистора однакового опору утворюють електричний міст, який живлений сталим струмом V_s . Тензорезистори R_1 і R_2 активні, і можуть змінювати свій опір пропорційно до деформації. Причому резистор R_2 наклеюється на ненавантажений зразок з того самого матеріалу, таким чином компенсує зміну розмірів, пов'язану зі зміною температури навколишнього середовища (у тому

					135.6116м.03.КР.ПЗ.01	Аркуш
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

числі і від нагріву самих тензорезисторів). Резистори R_3 і R_4 мають сталий опір, подібний до опору активного і компенсаційного тензорезистора, і врівноважують другу половину тензометричного мосту. При зміні електричного опору пліч мосту різниця потенціалів V_0 змінюється пропорційно до різниці опору $R_1 - R_2$, тобто вказує на деформацію активного тензорезистора R_1 не пов'язану з температурою. В ідеалі, коли міст збалансований повністю, струм протікає рівномірно по двох половинах мосту, і $V_0 = 0$.

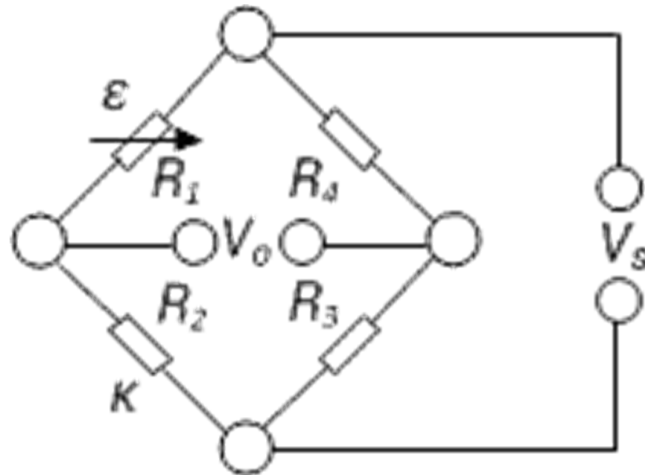


Рисунок 2.1 – Чвертьмостова схема Вітстона.

В залежності від напруги живлення V_s буде і показчик напруження V_0 , тому чим більше буде напруження живлення тим більшою буде різниця потенціалів V_0 і, відповідно більшою буде точність вимірювань. З іншого боку, резистори можуть пропускати обмежений струм, що пов'язано з виділенням тепла, що може призвести до їх перегріву і виходу з ладу.

Для встановлення обмежень і вибору оптимального режиму живлення тензометричного мосту проводилось тестування тензорезисторів на нагрівання при різних варіантах живлення. Температура вимірювалась за допомогою тепловізора ZOYI R01 (рис. 3). Результати вимірювань наведено в табл. 1.



Рисунок 2.2 – Вимірювання температури тензорезистора тепловізором.

Таблиця 1. Випробування тензорезисторів на перегрів.

Тип тензорезистора	Напруга живлення мосту V_s , В	Струм I_s , А	Напруга на діагоналі V_0 , В	Температура датчика t , °C
2ПКБ-5-100	3,5	0,031	0,0024	43
	5	0,046	0,0053	63
	6	0,056	0,0108	79
	9	0,089	0,0307	138
2ПКП-10-100ГВ	3,5	0,031	0,0170	43
	5	0,046	0,0192	61
	6	0,056	0,0192	74
	9	0,089	-0,0003	128
2ПКБ-10-200	3,5	0,014	0,019	33
	5	0,024	0,029	42
	6	0,029	0,038	48
	9	0,043	0,063	75
	12	0,055	0,089	116

Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

135.6116м.03.КР.ПЗ.01

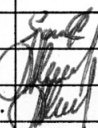
Аркуш

BF-350-3A	3,5	0,007	0,083	35
	5	0,013	0,119	43
	6	0,014	0,143	50
	9	0,027	0,220	80
	12	0,032	0,032	120

З таблиці випливає, що оптимальним режимом живлення мосту є напруга 5В, що не перевищує нагрів датчика при тривалій роботі більш ніж на 65 °С. До того ж терморезистори будуть наклеєні на металеву модель, що сприятиме швидшому відведенню тепла. Струм на тензометричний міст буде подаватися імпульсами, тож це ще зменшить вірогідність перегріву.

При тестуванні замість компенсаційного використовувався звичайний резистор відповідного номіналу, потужністю 0,25 Вт.

					135.6116м.03.КР.ПЗ.01	Аркуш
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

					КР.135.6116м.08.ПЗ.03			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Суханов М.Є.		17.11	Комутація з платою мікроконтролеру ATMega 328P	Літ	Аркуш	Аркушів
Консультант		Клименков С.Ю.		12.11				
Керівник		Клименков С.Ю.		12.11		НУК		
Зав. Кафедри		Бобров М.М.						

РОЗДІЛ 3. КОМУТАЦІЯ З ПЛАТОЮ МІКРОКОНТРОЛЕРУ ATMEGA 328P

Для роботи тензорезисторів з серійним портом комп'ютера використовуємо плату на базі мікроконтролера ATMEGA 328P. Компоновка і загальний вигляд плати типу «NANO» представлена на рис. 3.1. Плата живиться з порту USB, також можливе підключення зовнішнього живлення через піни GND(-5V) та VIN(+5V).

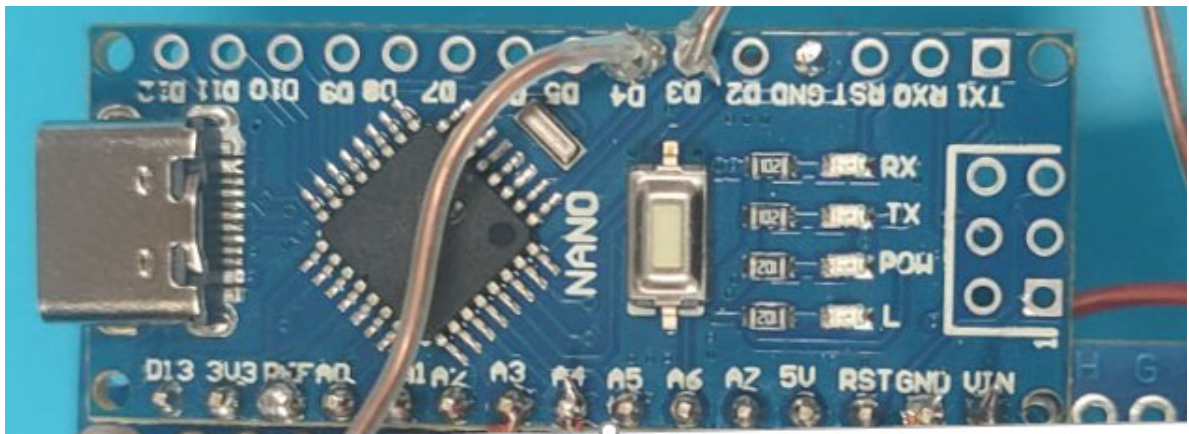
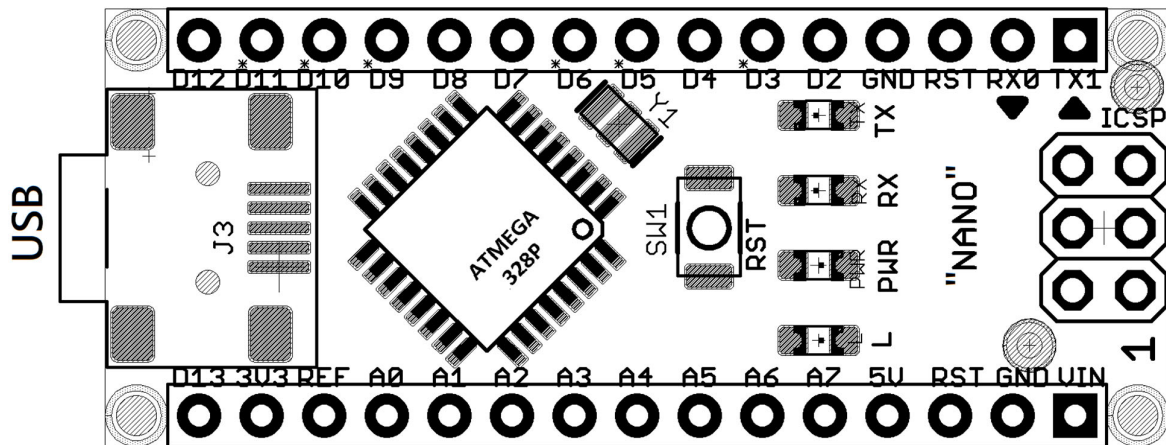


Рисунок 3.1 – Компоновка елементів і загальний вигляд плати типу «NANO».

Плата має 14 цифрових пінів $D0 \dots D13$ з можливістю подання керуючого сигналу +5V і 8 аналогових $A0 \dots A7$, з можливістю зчитування сигналу $0 \dots +5\text{ V}$ і 10-бітним аналогово-цифровим перетворюванням до $0 \dots 1024$ од., таким чином крок вимірювань по напрузі складає близько 5 mV. Використовуємо підключення по чвертьмостовій схемі Вітстона [6], з урахуванням керування вимірювання мікроконтролером (рис. 2.2). Плече активного тензорезистора R_{ε} підключається до

Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

КР.135.6116м.08.ПЗ.03

Аркуш

інших пліч моста (ланцюга компенсаційного тензорезистора) за допомогою транзисторних ключів $VT1 \dots VT3$, які обмежують струм в активних тензорезисторах і відкриваються по сигналу з цифрових пінів $D0 \dots D7$. В ланцюгу моста протікає струм і діагоналі мосту виникає різниця потенціалів, яка фіксується на входах $A0 \dots A7$, замкненими зі спільною землею через резистор $R5$. Бази транзисторів підключені до цифрових виходів через струмообмежуючий резистор $R1$, відкриття транзистора $VT1$ забезпечує підтягуючий резистор $R2$. Схема підключення мосту наведена на рис. 3.2.

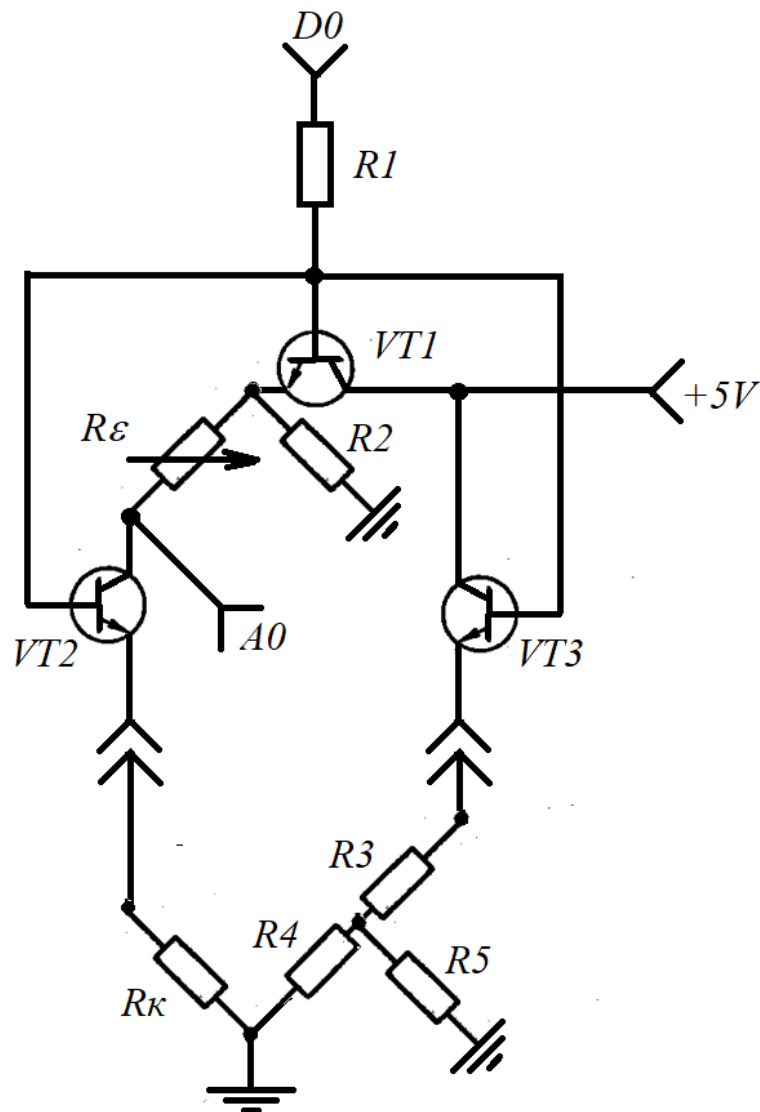


Рисунок 3.2 – Схема підключення тензовимірювального мосту.

Для налаштувань опитування застосовуємо внутрішній завантажувач плати і створюємо програму в пакеті Arduino IDE.

					КР.135.6116м.08.ПЗ.03	Аркуш
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Блок-схема програми представлена на рис. 3.3.

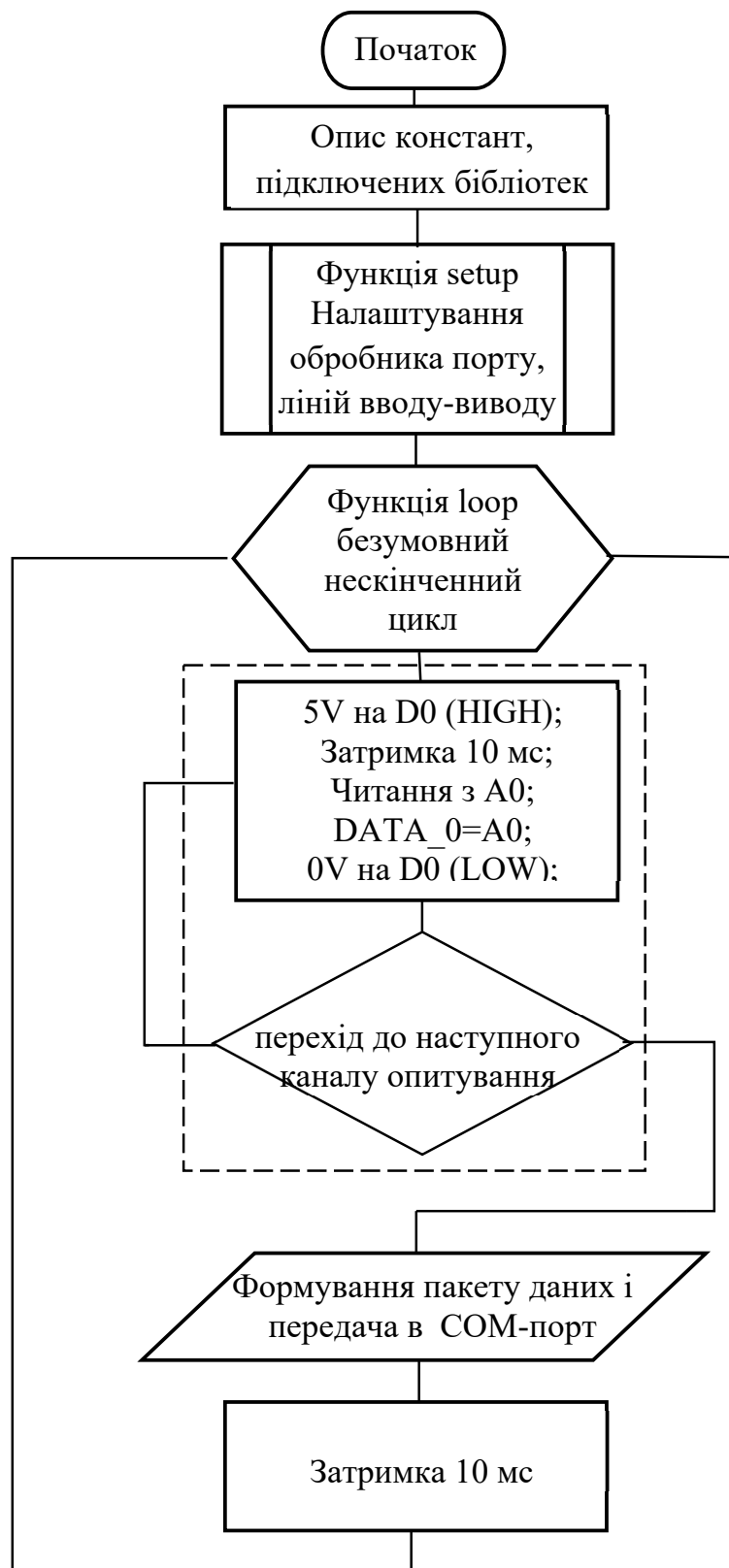


Рисунок 3.3 – Принципова блок-схема послідовності команд мікроконтролера.

Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

КР.135.6116м.08.ПЗ.03

Аркуш

Опитування тензометрів відбувається циклічно через проміжок часу встановлений в програмі змінною t , і відправляється пакетом в СОМ-порт, для подальшої обробки комп'ютером. Для формування пакета використовуємо змінну типу `string`, в якості символу початку пакету використовуємо «0», в якості розмежувача - «,», символ кінця пакету «NUL». При опитуванні в пакет поступово послідовно додаються показники тензорезисторів цілочисельного типу `int`, розмежених символом «,». Після закінчення опитування всіх каналів змінна закривається і передається в СОМ-порт.

Розшифровка команд, опис допоміжних бібліотек і синтаксис Arduino IDE наведені в [7].

Нижче наведений приклад тексту програми:

```
int val; // Змінна для збереження поточного значення опитуваного порту

void setup() {

    pinMode (10, OUTPUT); //Налаштування цифрових виходів
    pinMode (11, OUTPUT); //Виходи D0 і D1 зазвичай зайняті під
    комутаційні функції,
    pinMode (2, OUTPUT); //тому доцільно використовувати інші, наприклад
    D10 і D11
    pinMode (3, OUTPUT);
    pinMode (4, OUTPUT);
    pinMode (5, OUTPUT);
    pinMode (6, OUTPUT);
    pinMode (7, OUTPUT);

    Serial.begin(9600); // Відкриття і налаштування швидкості серійного
    порту
}

void loop() {
    String dataString = "D,"; // ключ початку пакета

    digitalWrite(10, HIGH); // +5V на вихід D10
    delay(10); // затримка 0,01 с
    val = analogRead(A0); // опитування аналогового входу
    digitalWrite(10, LOW); // відключення виходу D10
    dataString.concat(val); // додавання в строку пакета показника
    аналогового входу
    dataString = dataString+","; // додавання в строку пакета
    розмежувального знаку

    digitalWrite(11, HIGH); // +5V на вихід D11
    delay(10); // затримка 0,01 с
```

```

val = analogRead(A1);    // опитування аналогового входу
digitalWrite(11, LOW);   // відключення виходу D11
dataString.concat(val);  // додавання в строку пакета показчика
аналогово входу
dataString = dataString+","; // додавання в строку пакета
розієжувального знаку

digitalWrite(2, HIGH);   // +5V на вихід D2
delay(10);               // затримка 0,01 с
val = analogRead(A2);    // опитування аналогового входу
digitalWrite(2, LOW);    // відключення виходу D2
dataString.concat(val);  // додавання в строку пакета показчика
аналогово входу
dataString = dataString+","; // додавання в строку пакета
розієжувального знаку

digitalWrite(3, HIGH);   // +5V на вихід D3
delay(10);               // затримка 0,01 с
val = analogRead(A3);    // опитування аналогового входу
digitalWrite(3, LOW);    // відключення виходу D3
dataString.concat(val);  // додавання в строку пакета показчика
аналогово входу
dataString = dataString+","; // додавання в строку пакета
розієжувального знаку

digitalWrite(4, HIGH);   // +5V на вихід D4
delay(10);               // затримка 0,01 с
val = analogRead(A4);    // опитування аналогового входу
digitalWrite(4, LOW);    // відключення виходу D4
dataString.concat(val);  // додавання в строку пакета показчика
аналогово входу
dataString = dataString+","; // додавання в строку пакета
розієжувального знаку

digitalWrite(5, HIGH);   // +5V на вихід D5
delay(10);               // затримка 0,01 с
val = analogRead(A5);    // опитування аналогового входу
digitalWrite(5, LOW);    // відключення виходу D5
dataString.concat(val);  // додавання в строку пакета показчика
аналогово входу
dataString = dataString+","; // додавання в строку пакета
розієжувального знаку

digitalWrite(6, HIGH);   // +5V на вихід D6
delay(10);               // затримка 0,01 с
val = analogRead(A6);    // опитування аналогового входу
digitalWrite(6, LOW);    // відключення виходу D6
dataString.concat(val);  // додавання в строку пакета показчика
аналогово входу

```

```

    dataString = dataString+",";    // додавання в строку пакета
розієжувального знаку

    digitalWrite(7, HIGH);    // +5V на вихід D7
    delay(10);                // затримка 0,01 с
    val = analogRead(A7);      // опитування аналогового входу
    digitalWrite(7, LOW);      // відключення виходу D7
    dataString.concat(val);     // додавання в строку пакета показника
аналогово входу
    dataString = dataString+"/0";    // додавання символу кінця пакету

    Serial.println(dataString);      // Відправка пакету в serialport
} // Перехід до наступного циклу зчитувань

```

Стислий опис виконання команд. Для отримання сигналу з виходів тензорезисторів в описі програми прописуємо змінну **val** формату int.

В циклі **setup** встановлюємо порти D0 ...D7 на вихід сигналу +5V, порти A0 ...A7 налаштовані на вхід за замовчуванням і можуть отримувати сигнал 0-5V, перетворюючи його на цифрове значення від 0 до 1023, де 0 відповідатиме 0 В а 1023 відповідатиме 5 В напруги. Таким чином крок вимірювань дорівнює приблизно 0,0049 В. Відкриваємо з'єднання з СОМ-портом комп'ютера, встановлюємо швидкість 9600 baud. Ця швидкість відповідає швидкості опитування кожного датчика приблизно 1 раз в 0,032 с. Для підвищення кількості опитувань за проміжок часу у випадку вимірювань динамічних деформацій, швидкість з'єднання з портом можна збільшити до 115 200 baud.

В циклі **loop** розташована основна послідовність команд опитування тензорезисторів і передача їх показників в СОМ-порт комп'ютера. Для цього послідовно подаємо на цифрові порти D0 ...D7 керуючий сигнал 5V який вмикає ключові транзистори, вмикаючи відповідні тензодатчики в ланцюг моста Вітстона (строки 7). Одночасно з цим, після затримки в 10 мс (строки 8) з відповідного аналогового порту A0 ...A7 зчитується напруження на діагональних плечах мосту (строки 9), зберігається у вигляді глобальної змінної DATA_0 ... DATA_7 (строки 10) і виводиться в СОМ-порт (строки 11). Одночасно керуючий сигнал на датчику D_i гаситься (строки 12) і програма переходить до обробки наступної пари портів D_{i+1} – A_{i+1}. Функція **loop** повторюється нескінченно, до вимкнення живлення плати.

Сигнал з датчиків можна отримати безпосередньо від COM-порту за допомогою функції моніторингу порту Arduino IDE, а також використати додаткові програми для обробки і зберігання показчиків тензорезисторів.

У розділі 4 пропонується приклад такої програми-обробника, написану мовою PYTHON.

					КР.135.6116м.08.ПЗ.03	Аркуш
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

					КР.135.6116м.08.ПЗ.04			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент		Суханов М.Є.		01.12	Програма обробки і збереження даних	Літ	Аркуш	Аркушів
Консультант		Клименков С.Ю.		15.12				
Керівник		Клименков С.Ю.		15.12		НУК		
Зав. Кафедри		Бобров М.М.						

РОЗДІЛ 4. ПРОГРАМА ОБРОБКИ І ЗБЕРЕЖЕННЯ ДАНИХ

Для моніторингу зміни деформацій у реальному часі, збереження інформації і побудові на її основі графіків характеристик навантаження створюємо комп'ютерні програми на мові Python.

Для побудови вікна інтерфейсу програми використовуємо застосунок PyQT5. Вигляд вікна наведено на рис.4.1.

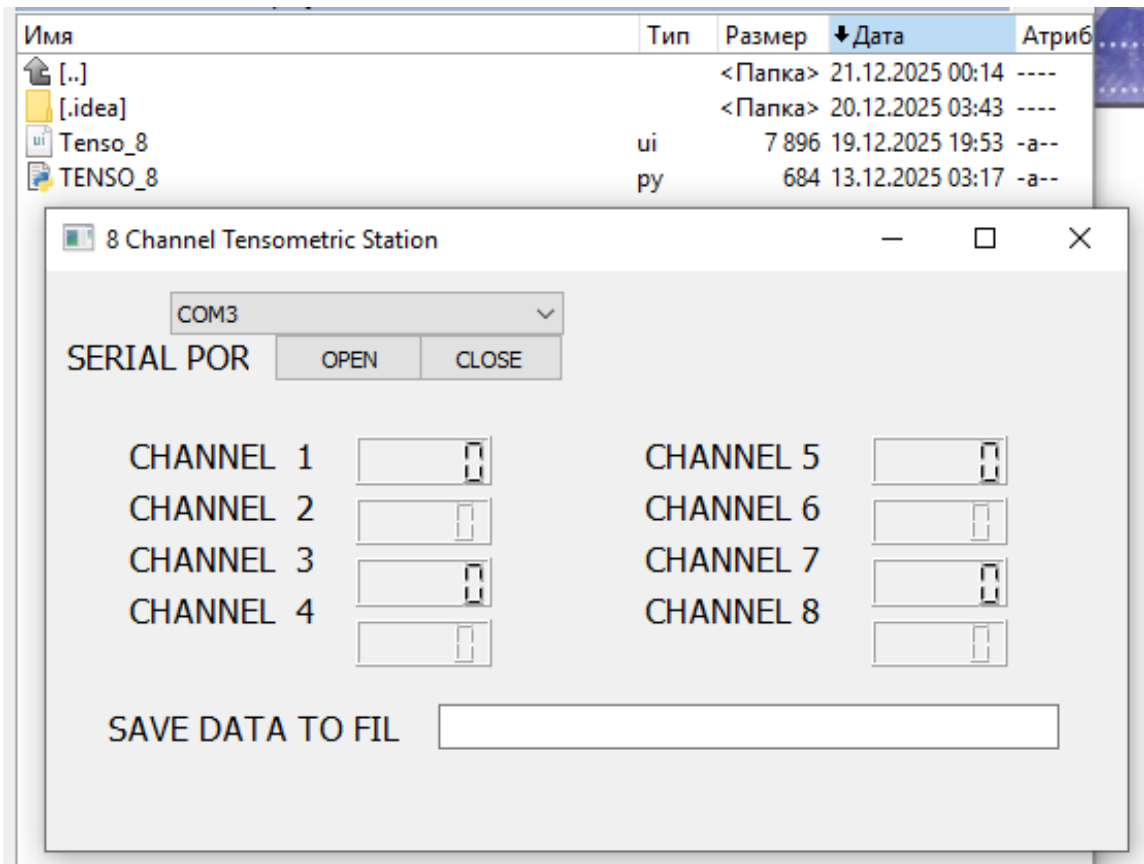


Рисунок 4.1 – вікно інтерфейсу програми.

У випадяючому списку вказується порт під'єднання плати (зазвичай COM 3), у нижньому вікні ім'я файла для збереження показчиків. Всередині відображаються поточні показчики по 8 каналах підключених мостів.

Програмний код вікна інтерфейсу програми наведений у додатку А.

Блок-схема програми TENSO_8.py неведена на рис. 4.2.

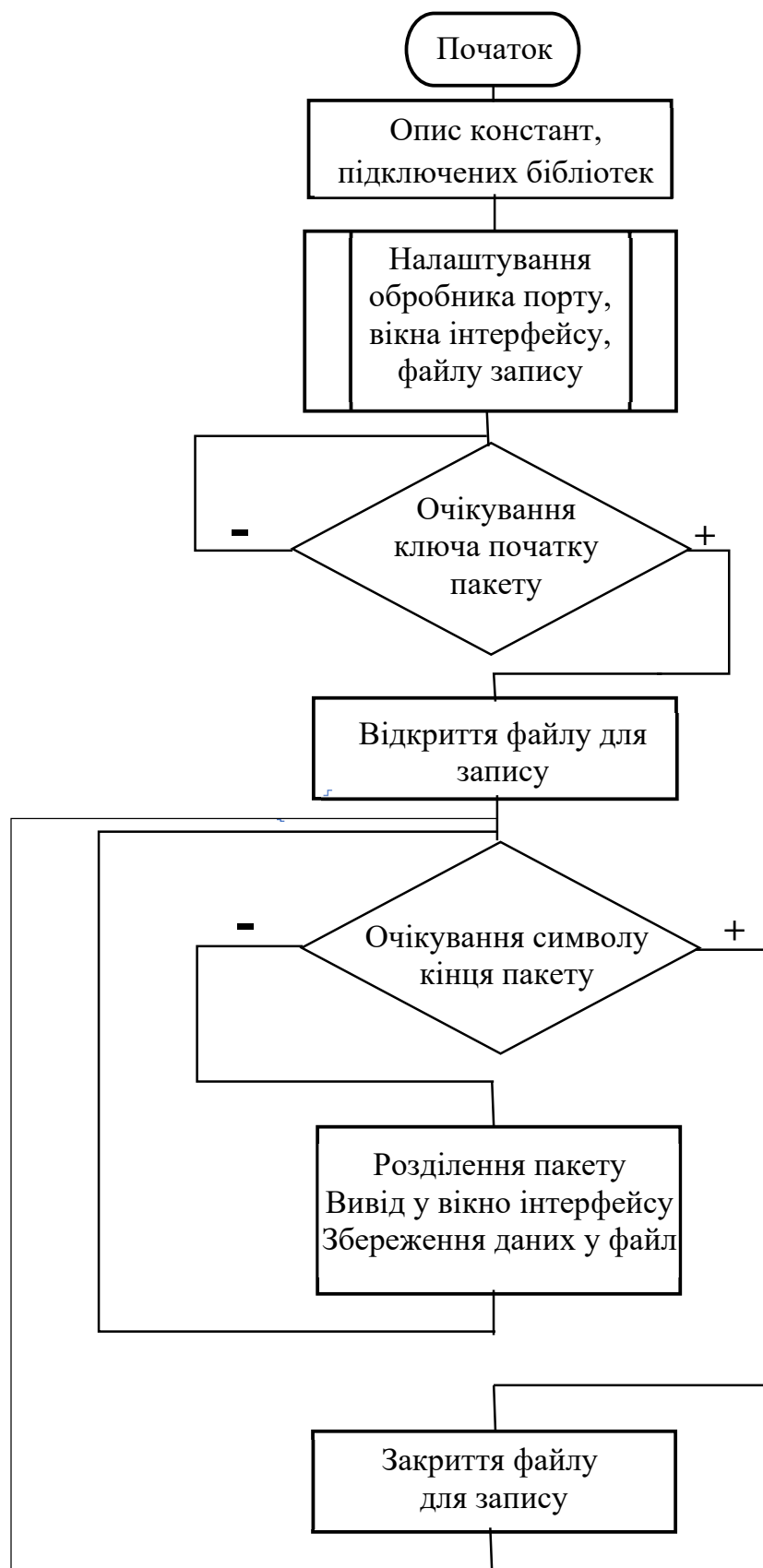


Рисунок 4.2 – Блок-схема програми обробки і збереження даних.

Опис програми PYTHON, допоміжних бібліотек і синтаксис команд наведені в [2, 8].

Нижче наведений приклад тексту програми:

```
from PyQt5 import QtWidgets, uic
from PyQt5.QtCore import QIODevice
from PyQt5.QtSerialPort import QSerialPort, QSerialPortInfo

app=QtWidgets.QApplication([])
ui=uic.loadUi("Tenso_8.ui")
import serial
import re
import time
import tkinter
import py

serial = QSerialPort()
serial.setBaudRate(9600)
portList = []
ports = QSerialPortInfo.availablePorts()

for port in ports:
    portList.append(port.portName())
ui.comL.addItem(portList)

def onOpen():
    serial.setPortName(ui.comL.currentText())
    serial.open(QIODevice.ReadWrite)

def onClose():
    serial.close()

def onRead():
```

Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

135.6116м.03.МР.ПЗ.04

Аркуш

```

rx = serial.readLine()
print(rx)
rxs = str(rx, 'utf-8').strip()
data = rxs.split(',')
print(data[0])
if data[0] == '0' :
    ui.data1.display(data[1])
    ui.data2.display(data[2])
    ui.data3.display(data[3])
    ui.data4.display(data[4])
    ui.data6.display(data[6])
    ui.data7.display(data[7])
    ui.data8.display(data[8])

serial.readyRead.connect(onRead())

ui.openBt.clicked.connect(onOpen())

ui.closeBt.clicked.connect(onClose())

ui.show()
app.exec()

```

Стислий опис виконання команд.

На початку програми підключаємо додаткові бібліотеки для обробки вікна інтерфейсу, функцій серійного порту і функцій таймінгов. Запитуємо перелік підключених портів, обираємо зі списку і відкриваємо натисканням на кнопку «OPEN» порт, до якого під'єднаний мікроконтролер. Змінній «gx» присвоюємо значення строки з порту, якщо строка починається з ключа «0», тобто символу початку пакета даних, і розділяємо її на окремі значення присвоєнням масиву «data» цілих чисел, розмежених символом «,». Відкриваємо для запису файл data.txt, записуємо в нього змінну «gx» і виводимо у вікна label1 – label8 дані data[1] – data[8].

					КР.135.6116м.08.ПЗ.05			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Студент	Суханов М.Є.		15.12	Тестові вимірювання на тарувальному пристрої	Літ	Аркуш	Аркушів	
Консультант	Клименков С.Ю.		22.12					
Керівник	Клименков С.Ю.		22.12		НУК			
Зав. Кафедри	Бобров М.М.							

РОЗДІЛ 5. ТЕСТОВІ ВИМІРЮВАННЯ НА ТАРУВАЛЬНОМУ ПРИСТРОЇ

. Для тестових вимірювань використовуємо призматичну сталеву балку прямокутного поперечного перерізу розмірами $b \times t$ (рис.5.1). Балка симетрично закріплена на двох шарнірних опорах, рознесених на відстані l . На консольних звисах балки прикладені зосереджені сили P на відстані a від опори, таким чином між опорами виникає чистий згин зі сталим згинальним моментом $M = P \cdot a$.

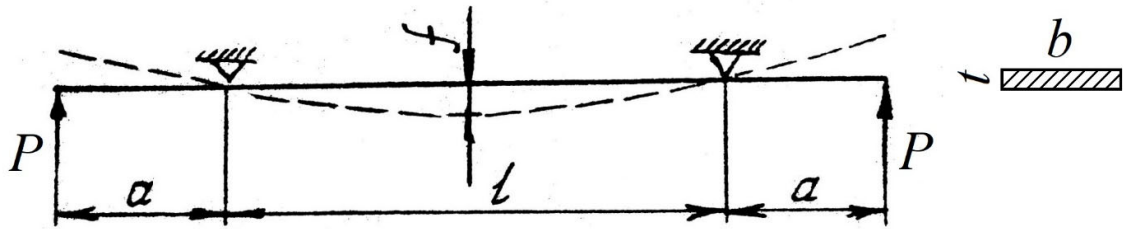


Рисунок 5.1 – Схема тарувальної балки.

Згідно з технічною теорією згину прогин (вигин) такої балки в центральному перерізі дорівнюватиме

$$f = \frac{Ml^2}{8EI},$$

а відповідна йому відносна деформація крайніх по висоті волокон

$$\varepsilon = \pm \frac{M}{EW}.$$

де I, W – момент інерції і момент опору площі поперечного перерізу балки, які у випадку прямокутної форми обчислюються за формулами

$$I = \frac{bt^3}{12}, \quad W = \frac{bt^2}{6};$$

$E = 2 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності сталі.

З наведених формул витікає, що відносна поздовжня деформація нижньої поверхні залежить від прогину

$$\varepsilon = 4f \frac{t}{l^2}.$$

Задаючи крок прогину можна розрахувати відповідну йому зміну деформації і співставити зі зміною показчиків опору, тим самим визначивши коефіцієнт

					КР.135.6116м.08.ПЗ.05	Аркуш
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

чутливості тензорезистора. Прогини будемо вимірювати за допомогою індикатора часового типу з діапазоном вимірювань 0-10 мм, ціною поділки 0,01 мм. Загальний вигляд тарувального пристрою представлений на рис. 5.2.

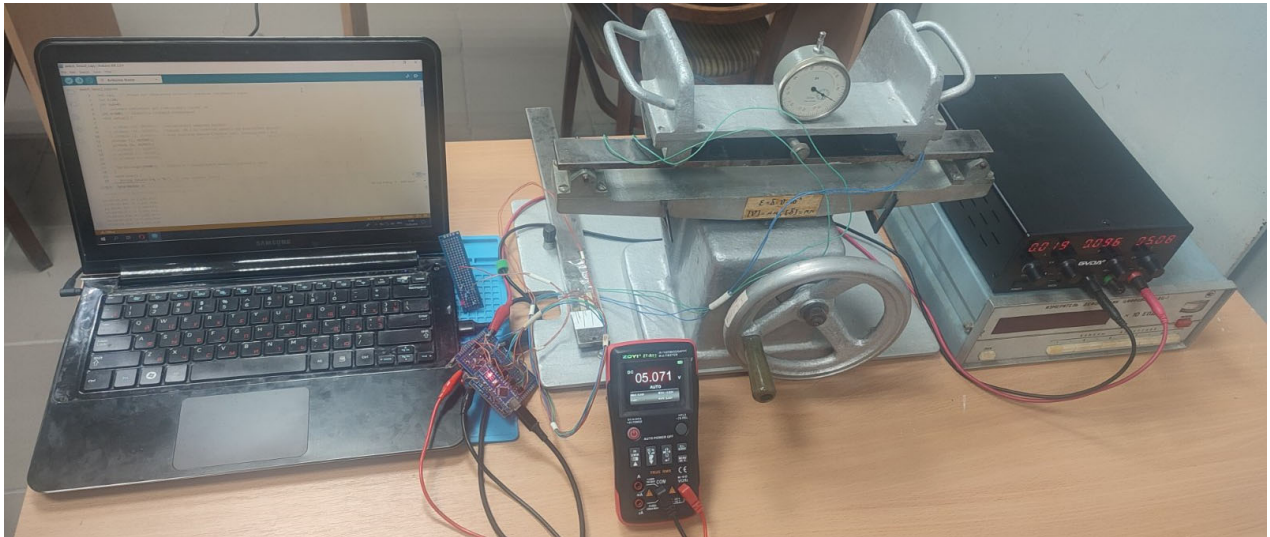


Рисунок 5.2 – Тарувальний пристрій з встановленою призматичною балкою

На балку наклеєні чотири пари тензорезисторів різного типу з базою 3,5, 5 і 10 мм для порівнянь коефіцієнтів тензочутливості і інших характеристик вимірювань. Балка з наклеєними тензорезисторами представлена на рис. 5.3.

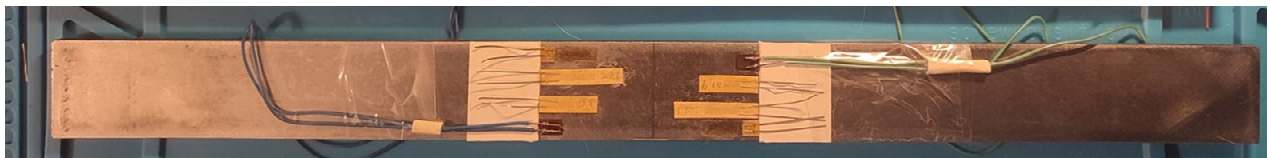


Рисунок 5.3 – Балка з наклеєними тензорезисторами.

Тензорезистори підключались попарно, до кожної пари був під'єднаний компенсаційний терморезистор відповідного типу і номіналу, який завершував чвертьмостову схему. Компенсаційні терморезистори були наклеєні на ненавантажену полосу з того ж самого матеріалу, що і основна балка. Загальний вигляд полоси з наклеєними термокомпенсаційними резисторами, плата мікроконтролеру і комутаційні плати представлені на рис. 5.4.

Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

КР.135.6116м.08.ПЗ.05

Аркуш

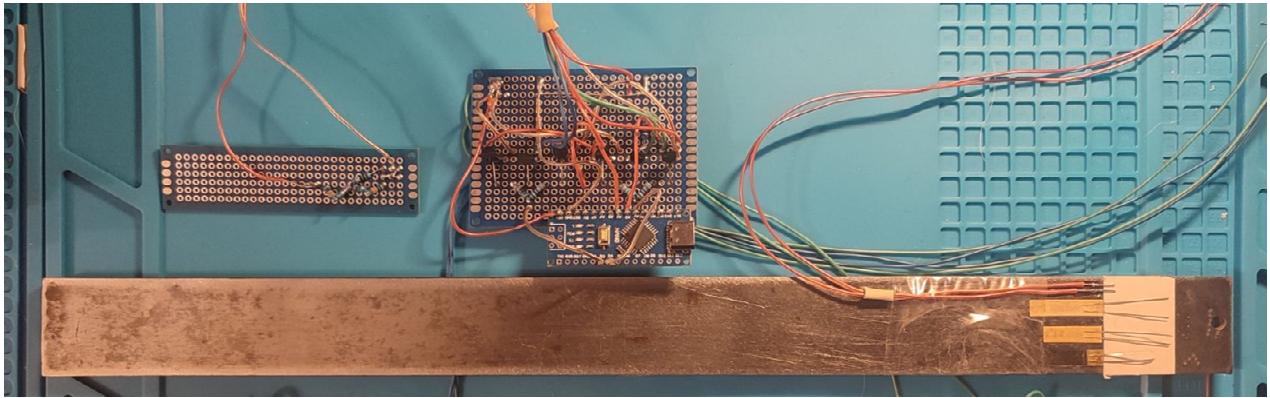


Рисунок 5.4 – Термокомпенсаційні тензорезистори, плата мікроконтролера, транзисторні ключі і плата резисторів сталого опору тензометричного мосту.

Геометричні характеристики тарувальної балки:

ширина $b = 30\text{мм}$;

товщина $t = 6,4\text{мм}$;

відстань між опорами $l = 200\text{мм}$;

момент інерції площі поперечного перерізу $I = \frac{30 \cdot 6,4^3}{12} = 655\text{мм}^4$;

момент опору площі поперечного перерізу $W = \frac{30 \cdot 6,4^2}{6} = 205\text{ мм}^3$;

деформація, що відповідає прогину на 1 мм $\varepsilon = 4 \frac{6,4}{200^2} = 6,4 \cdot 10^{-4}$ ОВД.

Під'єднаючи попарно різні типи тензорезисторів і задаючи стрілку прогину з кроком 0,5мм, заміряємо мінімальний і максимальний показник в умовних одиницях деформації тензорезисторного мосту. Результати вимірювань зведено в табл.5.1.

Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

КР.135.6116м.08.ПЗ.05

Аркуш

Таблиця 5.1 – Результати вимірювань

Тип датчика	f , мм	Датчик 1	Датчик 2	ε , УОД	Похибка
2ПКБ-5-100	0	0952-0967	1164-1180		
	0.5	0991-1002	1203-1220	38,5	38%
	1.0	1029-1046	1241-1258	39,5	37%
2ПКП-10-100ГВ	0	1111-1128	1065-1082		
	0.5	1149-1166	1099-1116	36	47%
	1.0	1184-1201	1133-1150	34,5	47%
2ПКБ-10-200	0	1201-1210	1049-1057		
	0.5	1240-1249	1083-1091	36,5	22%
	1.0	1280-1288	1122-1130	39	20%
BF-350-3A	0	1155-1168	1108-1112		
	0.5	1198-1203	1148-1150	39	10%
	1.0	1233-1240	-	36	18%

Повна деформація датчика 2ПКБ-5-100 78УОД, що відповідає $6,4 \cdot 10^{-4}$ ОВД.
Коефіцієнт тензочутливості $0,82 \cdot 10^{-5}$ ОВД.

Повна деформація датчика 2ПКП-10-100ГВ 70,5УОД, що відповідає $6,4 \cdot 10^{-4}$ ОВД. Коефіцієнт тензочутливості $0,9 \cdot 10^{-5}$ ОВД.

Повна деформація датчика 2ПКБ-10-200 75,5УОД, що відповідає $6,4 \cdot 10^{-4}$ ОВД.
Коефіцієнт тензочутливості $0,85 \cdot 10^{-5}$ ОВД.

Повна деформація датчика 2ПКБ-5-100 75УОД, що відповідає $6,4 \cdot 10^{-4}$ ОВД.
Коефіцієнт тензочутливості $0,85 \cdot 10^{-5}$ ОВД.

Як бачимо з перерахунку коефіцієнти чутливості тензорезисторів всіх типів приблизно співпадають, тобто коефіцієнт тензочутливості не залежить від номіналу опору датчика.

Виконуємо заміри деформації тих самих тензорезисторів вимірвачем деформацій ИДЦ-1.

Розбіг показчиків при замірах не перевищують 3 одиниць. Проте за паспортними характеристиками допустима похибка ИДЦ-1 становить до 20 одиниць, таким чином дістаємо висновку, що точність вимірювань за ИДЦ-1 принаймні в 2 рази вища за точність запропонованої схеми вимірювань.

Однак до недоліків такого вимірювання є неможливість оцінювати динамічну деформацію, так як треба вручну перемикає канали вимірювання і на кожне вимірювання необхідний час близько 5 секунд, тобто на обробку 10 каналів затрачується близько 1 хвилини, не рахуючи необхідність запису показчиків вручну.

					КР.135.6116м.08.ПЗ.05	Аркуш
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Як показали вимірювання на тарувальному пристрої коефіцієнт чутливості тензорезисторів практично не залежить від їх номіналу опору.

З іншого боку розбіжність показчиків опору мостів, зібраних на тензорезисторах більшого опору значно менша, що дає змогу стверджувати, що тензорезистори більшого опору кращі у використанні при вимірюваннях при незначній зміні деформацій.

Запропонована схема вимірювань дозволяє досліджувати зміну деформацій при динамічних навантаженнях, отримувати характеристики процесів, змінних у часі, отримувати і зберігати їх характеристики і будувати відповідні графіки. Проте точність таких вимірювань поступається традиційним вдвічі.

Для підвищення точності вимірювань можна рекомендувати використання АЦП більшої розрядності, а також використовувати екрановані комутації для зменшення струмових наводок.

Запропоновану схему вимірювань можна використовувати під час наукових дослідів, для демонстрацій можливості мостових схем і в учбовому процесі при проведенні лабораторних робіт з тензометрування.

					135.6116м.03.МР.ПЗ	Архив
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hill C. Learning Scientific Programming with Python. – Cambridge University Press, 2015. – 450 p.
2. Python 3.14.2 documentation. [URL:https://docs.python.org/3/](https://docs.python.org/3/)
3. ДСТУ ГОСТ 2.702:2013. Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем [Текст] : На заміну ДСТУ ГОСТ 2.702:75 ; Чинний від 2014-09-01. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. – 21 с.
4. Клименков С.Ю. Модулі на основі мікроконтролерів 328Р або їх аналогів та їх використання для лабораторних досліджень міцності суднових конструкцій // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: матеріали XVI Міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2025. – С. 126-128.
5. Коростылёв Л.И., Клименков С.Ю. О переменных нагрузках сварных переборок танкеров // 3б. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2008. – № 6(423). – С. 60-65.
6. Методи та засоби експериментальних досліджень : навч. посіб./ Г.Б. Параска, Д.В. Прибега, П.С. Майдан. – Київ : Кондор-Видавництво, 2017. – 138 с.
7. Програмування Arduino. URL:<https://doc.arduino.ua/ru/prog>
8. Програмування мовою Python: навч. посіб. / О.М. Васильєв – Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2019. – 504 с.
9. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден: Т.2.– Київ, 2020.–789 с.
10. Суслов В.П., Кочанов Ю.П. Теоретические и экспериментальные исследования прочности гофрированных и плоских переборок морских судов и разработка рекомендаций по пересмотру РТМ. // НТО.– Николаев, НКИ, 1970, 168с.

Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

135.6116м.03.МР.ПЗ

Аркуш

**ДОДАТОК А.
ПРОГРАМНИЙ КОД ВІКНА ІНТЕРФЕЙСУ
ПРОГРАМИ TENSO_8**

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ui version="4.0">
  <class>TENSO</class>
  <widget class="QMainWindow" name="TENSO">
    <property name="geometry">
      <rect>
        <x>0</x>
        <y>0</y>
        <width>524</width>
        <height>281</height>
      </rect>
    </property>
    <property name="windowTitle">
      <string>MainWindow</string>
    </property>
    <widget class="QWidget" name="centralwidget">
      <widget class="QComboBox" name="comL">
        <property name="geometry">
          <rect>
            <x>60</x>
            <y>10</y>
            <width>191</width>
            <height>21</height>
          </rect>
        </property>
      </widget>
      <widget class="QPushButton" name="openBt">
        <property name="geometry">
```

Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

135.6116м.03.МР.ПЗ.ДА

Аркуш

```

<rect>
  <x>110</x>
  <y>30</y>
  <width>75</width>
  <height>24</height>
</rect>
</property>
<property name="text">
  <string>OPEN</string>
</property>
</widget>
<widget class="QPushButton" name="closeBt">
  <property name="geometry">
    <rect>
      <x>180</x>
      <y>30</y>
      <width>71</width>
      <height>24</height>
    </rect>
  </property>
  <property name="text">
    <string>CLOSE</string>
  </property>
</widget>
<widget class="QWidget" name="layoutWidget">
  <property name="geometry">
    <rect>
      <x>290</x>
      <y>80</y>
      <width>96</width>
      <height>111</height>

```

					135.6116м.03.МР.ПЗ.ДА	Архив
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

```

</rect>
</property>
<layout class="QFormLayout" name="formLayout_2">
  <item row="0" column="0">
    <widget class="QLabel" name="label_5">
      <property name="font">
        <font>
          <pointsize>12</pointsize>
        </font>
      </property>
      <property name="text">
        <string>CHANNEL 5</string>
      </property>
    </widget>
  </item>
  <item row="1" column="0">
    <widget class="QLabel" name="label_6">
      <property name="font">
        <font>
          <pointsize>12</pointsize>
        </font>
      </property>
      <property name="text">
        <string>CHANNEL 6</string>
      </property>
    </widget>
  </item>
  <item row="2" column="0">
    <widget class="QLabel" name="label_7">
      <property name="font">
        <font>

```

Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

135.6116м.03.МР.ПЗ.ДА

Аркуш

```

        <points>12</points>
    </font>
</property>
<property name="text">
    <string>CHANNEL 7</string>
</property>
</widget>
</item>
<item row="3" column="0">
    <widget class="QLabel" name="label_8">
        <property name="font">
            <font>
                <points>12</points>
            </font>
        </property>
        <property name="text">
            <string>CHANNEL 8</string>
        </property>
    </widget>
</item>
</layout>
</widget>
<widget class="QWidget" name="layoutWidget_2">
    <property name="geometry">
        <rect>
            <x>400</x>
            <y>80</y>
            <width>66</width>
            <height>112</height>
        </rect>
    </property>

```

					135.6116м.03.МР.ПЗ.ДА	Архив
Зміни	Архив	№ документа	Підпис	Дата		

```

<layout class="QVBoxLayout" name="verticalLayout_2">
  <item>
    <widget class="QLCDNumber" name="data5">
      <property name="font">
        <font>
          <bold>true</bold>
        </font>
      </property>
    </widget>
  </item>
  <item>
    <widget class="QLCDNumber" name="data6">
      <property name="font">
        <font>
          <bold>true</bold>
        </font>
      </property>
    </widget>
  </item>
  <item>
    <widget class="QLCDNumber" name="data7">
      <property name="font">
        <font>
          <bold>true</bold>
        </font>
      </property>
    </widget>
  </item>
  <item>
    <widget class="QLCDNumber" name="data8">
      <property name="font">

```

					135.6116м.03.МР.ПЗ.ДА	Аркуш
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

```

        <font>
        <bold>true</bold>
    </font>
</property>
</widget>
</item>
</layout>
</widget>
<widget class="QWidget" name="layoutWidget_3">
    <property name="geometry">
        <rect>
            <x>40</x>
            <y>80</y>
            <width>96</width>
            <height>111</height>
        </rect>
    </property>
    <layout class="QFormLayout" name="formLayout_3">
        <item row="0" column="0">
            <widget class="QLabel" name="label_9">
                <property name="font">
                    <font>
                        <pointsize>12</pointsize>
                    </font>
                </property>
                <property name="text">
                    <string>CHANNEL 1</string>
                </property>
            </widget>
        </item>
        <item row="1" column="0">

```

					135.6116м.03.МР.ПЗ.ДА	Архив
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

```

<widget class="QLabel" name="label_10">
  <property name="font">
    <font>
      <pointsize>12</pointsize>
    </font>
  </property>
  <property name="text">
    <string>CHANNEL 2</string>
  </property>
</widget>
</item>
<item row="2" column="0">
  <widget class="QLabel" name="label_11">
    <property name="font">
      <font>
        <pointsize>12</pointsize>
      </font>
    </property>
    <property name="text">
      <string>CHANNEL 3</string>
    </property>
  </widget>
</item>
<item row="3" column="0">
  <widget class="QLabel" name="label_12">
    <property name="font">
      <font>
        <pointsize>12</pointsize>
      </font>
    </property>
    <property name="text">

```

					135.6116м.03.МР.ПЗ.ДА	Архив
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

```

    <string>CHANNEL 4</string>
  </property>
</widget>
</item>
</layout>
</widget>
<widget class="QLineEdit" name="lineEdit">
  <property name="geometry">
    <rect>
      <x>190</x>
      <y>210</y>
      <width>301</width>
      <height>22</height>
    </rect>
  </property>
</widget>
<widget class="QLabel" name="label_13">
  <property name="geometry">
    <rect>
      <x>30</x>
      <y>210</y>
      <width>141</width>
      <height>23</height>
    </rect>
  </property>
  <property name="font">
    <font>
      <pointsize>12</pointsize>
    </font>
  </property>
  <property name="text">

```

					135.6116м.03.МР.ПЗ.ДА	Архив
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

```

    <string>SAVE DATA TO FILE</string>
  </property>
</widget>
<widget class="QLabel" name="label_14">
  <property name="geometry">
    <rect>
      <x>10</x>
      <y>30</y>
      <width>88</width>
      <height>23</height>
    </rect>
  </property>
  <property name="font">
    <font>
      <pointsize>12</pointsize>
    </font>
  </property>
  <property name="text">
    <string>SERIAL PORT</string>
  </property>
</widget>
<widget class="QWidget" name="layoutWidget">
  <property name="geometry">
    <rect>
      <x>150</x>
      <y>80</y>
      <width>66</width>
      <height>112</height>
    </rect>
  </property>
  <layout class="QVBoxLayout" name="verticalLayout">

```

Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

135.6116м.03.МР.ПЗ.ДА

Архив

```

<item>
  <widget class="QLCDNumber" name="data1">
    <property name="font">
      <font>
        <bold>true</bold>
      </font>
    </property>
  </widget>
</item>
<item>
  <widget class="QLCDNumber" name="data2">
    <property name="font">
      <font>
        <bold>true</bold>
      </font>
    </property>
  </widget>
</item>
<item>
  <widget class="QLCDNumber" name="data3">
    <property name="font">
      <font>
        <bold>true</bold>
      </font>
    </property>
  </widget>
</item>
<item>
  <widget class="QLCDNumber" name="data4">
    <property name="font">
      <font>

```

					135.6116м.03.МР.ПЗ.ДА	Архив
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

```

        <bold>true</bold>
    </font>
</property>
</widget>
</item>
</layout>
</widget>
</widget>
<widget class="QMenuBar" name="TENSO_8">
    <property name="geometry">
        <rect>
            <x>0</x>
            <y>0</y>
            <width>524</width>
            <height>22</height>
        </rect>
    </property>
</widget>
</widget>
<resources/>
<connections/>
</ui>

```

					135.6116м.03.МР.ПЗ.ДА	Аркуш
Зміни	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		