

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет(інститут) Приладобудівний
(повна назва)

Кафедра Приладобудування
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-науковою програмою

Спеціальність(спеціалізація) 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

М.Д. Гераїмчук
(підпис) (ініціали, прізвище)

« » 2018 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Прокоповій Наталії Сергіївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації: Дослідження взаємодії імпульсних навантажень на пружні елементи ваговимірювальних систем

науковий керівник дисертації Згуровська Людмила Петрівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « » 20 р. №

2. Строк подання студентом дисертації 22 травня 2018 р.

3. Об'єкт дослідження: Пружні елементи ваговимірюваних перетворювачів

4. Предмет дослідження: Побудова математичної моделі реакції чутливого елемента на імпульсні навантаження. Вибір типу чутливого елемента для підвищення надійності

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Провести огляд ваговимірюваних систем, які стійкі до імпульсних навантажень. Провести аналіз механічної та метрологічної надійності ваговимірюваного перетворювача з різними пружними елементами. Провести аналіз чутливих елементів. Обґрунтувати необхідність проведення теоретичних та експериментальних досліджень реакції пружного елемента на імпульсні навантаження. Побудувати математичну модель імпульсної деформації чутливого елемента. Провести експериментальні дослідження чутливого елемента на імпульсні навантаження. Обґрунтувати адекватність математичного моделювання. Розробка стартап-проекту. Висновки.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного(графічного) матеріалу: 6.1.Лист огляду аналогів – 1 арк. ф.А1; 6.2. Лист математичної моделі– 1 арк. ф.А1; 6.3. Лист експериментального обладнання – 1 арк. ф.А1; 6.4. Лист графічних залежностей та характеристик – 1 арк. ф.А1; 6.5. Лист збіркового креслення – 1 арк. ф.А1; 6.6. Лист структурного аналізу – 1 арк. ф.А1; 6.7. Презентаційних лист – 1 арк. ф.А1.

7. Орієнтовний перелік публікацій 7.1. Згинний балочний тензорезисторний перетворювач навантаження; 7.2. Аналіз виникнення та захист ваг від перевантажень.

8. Консультанти розділів дисертації*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Стартап	Бояринова К.О., доцент		

9. Дата видачі завдання 05 березня 2018 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Ознайомлення з завданням	05.03.18	
2	Огляд і аналіз літератури	06.03.18-09.03.18	
3	Патентний пошук	12.03.18-13.03.18	
4	Аналіз характеристик чутливих елементів	14.03.18-16.03.18	

* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника

5	Розробка математичної моделі	19.03.18-30.03.18	
6	Аналітичне дослідження	02.04.18-13.04.18	
7	Експериментальне дослідження	16.04.18-20.04.18	
8	Оформлення магістерської дисертації та її графічної частини	07.05.18	
9	Представлення МД на перевірку науковому керівнику	08.05.18	
10	Передача матеріалів МД на перевірку виявлення збігів/схожості текстів сервісом Unicheck	09.05.18	
11	Представлення МД на рецензію	10.05.18	
12	Представлення МД на затвердження завідуючим кафедрою	11.05.18	
13	Передача електронної версії МД до бібліотеки	17.05.18	
14	Представлення МД до екзаменаційної комісії НТУУ «КПІ імені Ігора Сікорського»	18.05.18	

Студент

(підпис)

Прокопова Н.С.

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Згуровська Л.П.

(ініціали, прізвище)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Приладобудівний
(повна назва інститут факультету)

Приладобудування
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 681.269.6

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ М.Д. Гераїмчук
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ _____ ” _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(код і назва спеціальності)

на тему: Дослідження взаємодії імпульсних навантажень на пружні
елементи ваговимірювальних систем

Виконав (-ла): студент (-ка) 6 курсу, групи ПІ-61М
(шифр групи)

_____ Прокопова Наталія Сергіївна _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник Згуровська Людмила Петрівна, к.т.н., доцент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультант _____
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018 року

ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на магістерську дисертацію		
2	A4	МД.ПІ61м.03.01	Пояснювальна записка	96	
3	A1	МД.ПІ61м.02.02.01	Огляд аналогів	1	
4	A1	МД.ПІ61м.02.02.02	Математична модель	1	
5	A1	МД.ПІ61м.02.02.03	Установка	1	
6	A1	МД.ПІ61м.02.02.04	Графіки	1	
7	A1	МД.ПІ61м.02.02.05	Креслення	1	
8	A1	МД.ПІ61м.02.02.06	Структурний аналіз	1	
9	A1	МД.ПІ61м.02.02.07	Презентація	1	
7 арк.ф. А1					

				МД.ПІ61м.00.03.00		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Розробн.	Прокопова Н.С.			Відомість магістерської дисертації	Лист	Листів
Керівн.	Згуровська Л.П.				1	1
Конс. (Т)					КПІ імені Ігоря Сікорського каф. ПБ гр. ПІ – 61м	
Конс. (Е)						
Конс. (О)						
Н/контр.						
Зав.каф.						

Магістерська дисертація

на тему: Дослідження взаємодії імпульсних навантажень на пружні елементи ваговивірювальних систем

Київ – 2018 року

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Браславський Д.А., Логунов С.С., Пельпор Д.С. Авіаційні прилади й автомати. М.: «Машинобудування», 1978.
2. Вигода Ю.А., Осадчий Е.П., Тихонов О.І. Проектування вимірювальних елементів (датчиків) систем автоматики. Навчальний посібник. Пенза, Пензській політехнічний інститут, 1977.
3. ТУУ-1 924 8582 - 001: 2006.
4. Хоффман К. Введення в техніку вимірювання на основі тензорезисторних датчиків. Перекладач Марчук Л.П. К.: ЦООНТИ ЗНО, 1987.
5. Вигода Ю.А. Дослідження роботи тензорезистивного датчика тиску при впливі динамічних навантажень. Вчені записки Пензського політехнічного інституту «Математика і механіка», вип. 5, Пенза, 1974.
6. Годзіковській В.А. Розрахунок основних конструктивних параметрів і завадостійкості при проектуванні тензорезисторних датчиків сили. - В кн.: Сучасні проблеми розвитку випробувальних машин, весодозірочної і силовимірювальної техніки / Под ред. Ю.М. Сергієнко. М.: НІКІМП, 1978, с. 81-96.
7. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уівер У. Коливання в інженерній справі. М., «Машинобудування», 1985.
8. Бабаков І.М. Теорія коливань. М., «Наука», 1968.
9. Початок роботи з MATLAB. Перекл. з англ. Конюшенко В.В. - 2004.
10. L -Graph2. Інструкція користувача. М.: 2007.
11. Корн Г., Корн Т. Довідник з математики для науковців та інженерів. - М.: Наука, 1978.
12. Анурьев В.І. Довідкова конструктора машинобудівника. М.: «Машинобудування». 2001 р

13. Зеленцов Ю.А. Нові принципи побудови схеми вимірювального моста. Міст Зеленцова - Мокрова. №7.2001.

14. Міхєєв М. Ю., Сьомочкіна І. Ю., Чувикін Б. В. багатомасштабного вимірювальний перетворювач для тензометричних систем. №8.

15. L-Graph. Програма багатоканального осцилографа - спектроаналізатора - реєстратора під Windows. Інструкція користувача. ЗАТ Л-кард, 2002.

16. Вигода Ю.А. Динамічний режим однієї конструкції тензорезистивного датчика тиску. Деп. ВІНІТІ, №1232-75. Реф. В РЖ «Механіка», 1975, №8, реф. 8В300.

17. Вигода Ю.А. Дія вібрації на тензорезистивного датчик тиску з пружним елементом у вигляді балок постійного перерізу. Деп. ВІНІТІ, № 1904-75. реф. В РЖ «Механіка», 1975, №11, реф.11В1218.

18. Бабаков І.М., До визначення максимальної частоти малих коливань, Наукові записки ХММІ, т. 5, 1960.

19. Грановський В.А., також сирота Т.Н. Методи обробки експериментальних даних при вимірах, Л., «Вища школа», 1990..

20. Долинський Е.Ф. Обробка результатів вимірювань. - М .: Изд-во стандартів, 1989.

21. Стрільців С.П. Введення в теорію коливань, «Машгиз», 1968.

22. Інформація та документація. Метрологічні аспекти неавтоматичних зважувальних приладів: ДСТУ EN 45501:2016 (EN 45501:2015, IDT). – (Національний стандарт України)

23. Документація. Ваги неавтоматичної дії. Частина 1: ДСТУ OIML R 76-1:2014. – (Національний стандарт України)

24. Документація. Датчики навантаження (ваговимірювальні): ДСТУ OIML R 60:2010. Метрологічні норми та методи випробування (OIML R 60:2000, IDT). – (Національний стандарт України)

25. Промислові ваги для металургії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.metro.ru/solutions/metallurgical-industry.html>

ДОДАТКИ

Додаток А

Програма для розрахунку АЧХ, ФЧХ та перехідних характеристик зсувного перетворювача

Додаток А.1 та А.2

Програми А.1 і А.2 призначені для розрахунку амплітудно-частотної і фазо-частотної характеристик ненавантаженого і навантаженого перетворювача відповідно. Список ідентифікаторів представлений в табл.А.1.

Блок 1 призначений для введення наступних даних: ω_0 - власна частота коливань пружної системи, коефіцієнт загасання χ . Блоком 2 здійснюється розрахунок амплітудно-частотної і фазо-частотної характеристик $A(\omega)$ і $F(\omega)$ відповідно.

У блоці 3 здійснює виведення значень $A(\omega)$, $F(\omega)$.

Дана програма істотно полегшує і прискорює процес обчислення необхідних параметрів.

Таблиця А.1 – Список ідентифікаторів у програмі А.1 по розрахунку амплітудно-частотної та фазо-частотної характеристик $A(\omega)$ и $F(\omega)$ відповідно для ненавантаженого перетворювача

Позначення		Найменування величини	Значення	Одиниці вимірювання
у формулі	у програмі			
		<u>Вхідні дані</u>		
ω_0	ω_0	Власна частота коливань	4.945	10^3 рад/с
ξ	ξ	Коефіцієнт загасання	0.1	
$A(\omega)$	$A(\omega)$	Амплітудно-частотна характеристика		
$F(\omega)$	$F(\omega)$	Фазо-частотна характеристика		

Програма A.1

```
#include "stdafx.h"
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

const float wo = 4.945;
const float x = 0.1;

double A[100],F[100];
double w, AA, FF;
int i;

int main() {
    w = 0;
    for (i=0;i<=9;i++) {
        A[i] = 1/sqrt((1-(w/wo)+4*(x*w/wo)*(x*w/wo))*(1-(w/wo)+4*(x*w/wo)*(x*w/wo)));
        F[i] = -(atan(2*x*w*wo/(wo*wo-w*w)))*57.3;
        printf("w=%1.1f A(w)=%7.5f F(w)=%5.3f\n", w, A[i], F[i]);
        w = w + 0.5;
    }

    for (i=10;i<=100;i++) {
        A[i] = 1/sqrt((1-(w/wo)+4*(x*w/wo)*(x*w/wo))*(1-(w/wo)+4*(x*w/wo)*(x*w/wo)));
        F[i] = -(atan(2*x*w*wo/(wo*wo-w*w)))*57.3-180;
        printf("w=%1.1f A(w)=%7.5f F(w)=%5.3f\n", w, A[i], F[i]);
        w = w + 0.5;
    }

    return 0;
}
```

Результати виконання програми А.1

w=0.0	A(w)=1.00000	F(w)=0.000
w=0.5	A(w)=1.11198	F(w)=-1.171
w=1.0	A(w)=1.25092	F(w)=-2.415
w=1.5	A(w)=1.42787	F(w)=-3.823
w=2.0	A(w)=1.66087	F(w)=-5.524
w=2.5	A(w)=1.98152	F(w)=-7.736
w=3.0	A(w)=2.45069	F(w)=-10.869
w=3.5	A(w)=3.20253	F(w)=-15.838
w=4.0	A(w)=4.60247	F(w)=-25.081
w=4.5	A(w)=8.12251	F(w)=-46.642
w=5.0	A(w)=33.58813	F(w)=-96.306
w=5.5	A(w)=15.93577	F(w)=-136.819
w=6.0	A(w)=6.47424	F(w)=-152.799
w=6.5	A(w)=4.07586	F(w)=-160.138
w=7.0	A(w)=2.98136	F(w)=-164.249
w=7.5	A(w)=2.35477	F(w)=-166.868
w=8.0	A(w)=1.94892	F(w)=-168.686
w=8.5	A(w)=1.66466	F(w)=-170.024
w=9.0	A(w)=1.45450	F(w)=-171.054
w=9.5	A(w)=1.29282	F(w)=-171.873
w=10.0	A(w)=1.16460	F(w)=-172.541
w=10.5	A(w)=1.06043	F(w)=-173.098
w=11.0	A(w)=0.97415	F(w)=-173.571
w=11.5	A(w)=0.90151	F(w)=-173.977
w=12.0	A(w)=0.83953	F(w)=-174.330
w=12.5	A(w)=0.78603	F(w)=-174.641
w=13.0	A(w)=0.73939	F(w)=-174.917
w=13.5	A(w)=0.69837	F(w)=-175.163
w=14.0	A(w)=0.66202	F(w)=-175.385
w=14.5	A(w)=0.62959	F(w)=-175.586
w=15.0	A(w)=0.60049	F(w)=-175.769
w=15.5	A(w)=0.57422	F(w)=-175.936
w=16.0	A(w)=0.55041	F(w)=-176.090
w=16.5	A(w)=0.52872	F(w)=-176.232
w=17.0	A(w)=0.50889	F(w)=-176.363
w=17.5	A(w)=0.49068	F(w)=-176.485
w=18.0	A(w)=0.47392	F(w)=-176.599
w=18.5	A(w)=0.45844	F(w)=-176.705
w=19.0	A(w)=0.44410	F(w)=-176.804
w=19.5	A(w)=0.43078	F(w)=-176.897
w=20.0	A(w)=0.41838	F(w)=-176.985
w=20.5	A(w)=0.40681	F(w)=-177.067
w=21.0	A(w)=0.39599	F(w)=-177.145
w=21.5	A(w)=0.38585	F(w)=-177.219
w=22.0	A(w)=0.37633	F(w)=-177.289
w=22.5	A(w)=0.36739	F(w)=-177.355
w=23.0	A(w)=0.35896	F(w)=-177.418
w=23.5	A(w)=0.35101	F(w)=-177.478
w=24.0	A(w)=0.34350	F(w)=-177.536
w=24.5	A(w)=0.33640	F(w)=-177.590
w=25.0	A(w)=0.32968	F(w)=-177.642
w=25.5	A(w)=0.32331	F(w)=-177.692
w=26.0	A(w)=0.31725	F(w)=-177.740
w=26.5	A(w)=0.31151	F(w)=-177.785
w=27.0	A(w)=0.30604	F(w)=-177.829
w=27.5	A(w)=0.30083	F(w)=-177.871
w=28.0	A(w)=0.29587	F(w)=-177.912
w=28.5	A(w)=0.29114	F(w)=-177.951
w=29.0	A(w)=0.28663	F(w)=-177.988
w=29.5	A(w)=0.28232	F(w)=-178.024
w=30.0	A(w)=0.27820	F(w)=-178.059
w=30.5	A(w)=0.27426	F(w)=-178.093

w=31.0	A(w)=0.27049	F(w)=-178.125
w=31.5	A(w)=0.26688	F(w)=-178.156
w=32.0	A(w)=0.26343	F(w)=-178.186
w=32.5	A(w)=0.26011	F(w)=-178.216
w=33.0	A(w)=0.25694	F(w)=-178.244
w=33.5	A(w)=0.25389	F(w)=-178.271
w=34.0	A(w)=0.25096	F(w)=-178.298
w=34.5	A(w)=0.24815	F(w)=-178.323
w=35.0	A(w)=0.24546	F(w)=-178.348
w=35.5	A(w)=0.24287	F(w)=-178.373
w=36.0	A(w)=0.24038	F(w)=-178.396
w=36.5	A(w)=0.23799	F(w)=-178.419
w=37.0	A(w)=0.23569	F(w)=-178.441
w=37.5	A(w)=0.23348	F(w)=-178.462
w=38.0	A(w)=0.23135	F(w)=-178.483
w=38.5	A(w)=0.22931	F(w)=-178.504
w=39.0	A(w)=0.22734	F(w)=-178.524
w=39.5	A(w)=0.22545	F(w)=-178.543
w=40.0	A(w)=0.22363	F(w)=-178.562
w=40.5	A(w)=0.22188	F(w)=-178.580
w=41.0	A(w)=0.22019	F(w)=-178.598
w=41.5	A(w)=0.21858	F(w)=-178.615
w=42.0	A(w)=0.21702	F(w)=-178.632
w=42.5	A(w)=0.21552	F(w)=-178.649
w=43.0	A(w)=0.21408	F(w)=-178.665
w=43.5	A(w)=0.21270	F(w)=-178.680
w=44.0	A(w)=0.21137	F(w)=-178.696
w=44.5	A(w)=0.21010	F(w)=-178.711
w=45.0	A(w)=0.20887	F(w)=-178.725
w=45.5	A(w)=0.20770	F(w)=-178.740
w=46.0	A(w)=0.20657	F(w)=-178.754
w=46.5	A(w)=0.20549	F(w)=-178.768
w=47.0	A(w)=0.20445	F(w)=-178.781
w=47.5	A(w)=0.20346	F(w)=-178.794
w=48.0	A(w)=0.20251	F(w)=-178.807
w=48.5	A(w)=0.20161	F(w)=-178.819
w=49.0	A(w)=0.20074	F(w)=-178.832
w=49.5	A(w)=0.19992	F(w)=-178.844
w=50.0	A(w)=0.19913	F(w)=-178.856

Press any key to continue

Таблиця А.2 – Список ідентифікаторів до програми А.2 по розрахунку амплітудно-частотної та фазо-частотної характеристик $A(\omega)$ и $F(\omega)$ відповідно для навантаженого перетворювача

Позначення		Найменування величини	Значення	Одиниці вимірювань
у формулі	у програмі			
<u>Вхідні дані</u>				
ω_0	ω_0	Власна частота коливань	0.101	10^3 рад/с
ξ	χ	Коефіцієнт загасання	0.1	
$A(\omega)$	$A(\omega)$	Амплітудно-частотна характеристика		
$F(\omega)$	$F(\omega)$	Фазо-частотна характеристика		

Програма A.2

```
#include "stdafx.h"
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

const float wo = 0.101;
const float x = 0.1;

double A[100],F[100];
double w, AA, FF;
int i;

int main() {
    w = 0;
    for (i=0;i<=20;i++) {
        A[i] = 1/sqrt((1-(w/wo)+4*(x*w/wo)*(x*w/wo))*(1-
(w/wo)+4*(x*w/wo)*(x*w/wo)));
        F[i] = -(atan(2*x*w*wo/(wo*wo-w*w)))*57.3;
        printf("w=%1.1f A(w)=%7.5f F(w)=%5.3f\n", w, A[i], F[i]);
        w = w + 0.005;
    }

    for (i=21;i<=100;i++) {
        A[i] = 1/sqrt((1-(w/wo)+4*(x*w/wo)*(x*w/wo))*(1-
(w/wo)+4*(x*w/wo)*(x*w/wo)));
        F[i] = -(atan(2*x*w*wo/(wo*wo-w*w)))*57.3-180;
        printf("w=%1.1f A(w)=%7.5f F(w)=%5.3f\n", w, A[i], F[i]);
        w = w + 0.005;
    }

    return 0;
}
```


Результаты выполнения программы А.2

w=0.0	A(w)=1.00000	F(w)=0.000
w=0.0	A(w)=1.05197	F(w)=-0.569
w=0.0	A(w)=1.10941	F(w)=-1.146
w=0.0	A(w)=1.17320	F(w)=-1.740
w=0.0	A(w)=1.24448	F(w)=-2.361
w=0.0	A(w)=1.32463	F(w)=-3.019
w=0.0	A(w)=1.41543	F(w)=-3.728
w=0.0	A(w)=1.51914	F(w)=-4.504
w=0.0	A(w)=1.63871	F(w)=-5.367
w=0.0	A(w)=1.77811	F(w)=-6.345
w=0.0	A(w)=1.94268	F(w)=-7.472
w=0.1	A(w)=2.13992	F(w)=-8.801
w=0.1	A(w)=2.38063	F(w)=-10.405
w=0.1	A(w)=2.68095	F(w)=-12.393
w=0.1	A(w)=3.06613	F(w)=-14.937
w=0.1	A(w)=3.57804	F(w)=-18.320
w=0.1	A(w)=4.29154	F(w)=-23.035
w=0.1	A(w)=5.35485	F(w)=-29.985
w=0.1	A(w)=7.10871	F(w)=-40.873
w=0.1	A(w)=10.54912	F(w)=-58.504
w=0.1	A(w)=20.36126	F(w)=-84.324
w=0.1	A(w)=275.70008	F(w)=-111.22
w=0.1	A(w)=24.00237	F(w)=-130.515
w=0.1	A(w)=11.52656	F(w)=-142.466
w=0.1	A(w)=7.59568	F(w)=-150.001
w=0.1	A(w)=5.67037	F(w)=-155.035
w=0.1	A(w)=4.52774	F(w)=-158.593
w=0.1	A(w)=3.77117	F(w)=-161.228
w=0.1	A(w)=3.23328	F(w)=-163.253
w=0.1	A(w)=2.83125	F(w)=-164.857
w=0.2	A(w)=2.51939	F(w)=-166.159
w=0.2	A(w)=2.27042	F(w)=-167.237
w=0.2	A(w)=2.06707	F(w)=-168.146
w=0.2	A(w)=1.89786	F(w)=-168.922
w=0.2	A(w)=1.75486	F(w)=-169.593
w=0.2	A(w)=1.63242	F(w)=-170.180
w=0.2	A(w)=1.52641	F(w)=-170.697
w=0.2	A(w)=1.43373	F(w)=-171.158
w=0.2	A(w)=1.35202	F(w)=-171.570
w=0.2	A(w)=1.27944	F(w)=-171.942
w=0.2	A(w)=1.21455	F(w)=-172.279
w=0.2	A(w)=1.15618	F(w)=-172.586
w=0.2	A(w)=1.10341	F(w)=-172.867
w=0.2	A(w)=1.05546	F(w)=-173.125
w=0.2	A(w)=1.01170	F(w)=-173.364
w=0.2	A(w)=0.97162	F(w)=-173.585
w=0.2	A(w)=0.93476	F(w)=-173.790
w=0.2	A(w)=0.90075	F(w)=-173.981
w=0.2	A(w)=0.86928	F(w)=-174.160
w=0.2	A(w)=0.84007	F(w)=-174.327
w=0.3	A(w)=0.81289	F(w)=-174.484
w=0.3	A(w)=0.78754	F(w)=-174.632
w=0.3	A(w)=0.76383	F(w)=-174.772
w=0.3	A(w)=0.74162	F(w)=-174.903
w=0.3	A(w)=0.72077	F(w)=-175.028
w=0.3	A(w)=0.70115	F(w)=-175.146
w=0.3	A(w)=0.68266	F(w)=-175.259
w=0.3	A(w)=0.66521	F(w)=-175.366
w=0.3	A(w)=0.64871	F(w)=-175.467
w=0.3	A(w)=0.63309	F(w)=-175.564
w=0.3	A(w)=0.61828	F(w)=-175.657

w=0.3	A(w)=0.60422	F(w)=-175.745
w=0.3	A(w)=0.59085	F(w)=-175.830
w=0.3	A(w)=0.57812	F(w)=-175.911
w=0.3	A(w)=0.56600	F(w)=-175.989
w=0.3	A(w)=0.55443	F(w)=-176.064
w=0.3	A(w)=0.54339	F(w)=-176.136
w=0.3	A(w)=0.53283	F(w)=-176.205
w=0.3	A(w)=0.52273	F(w)=-176.271
w=0.3	A(w)=0.51305	F(w)=-176.336
w=0.4	A(w)=0.50378	F(w)=-176.397
w=0.4	A(w)=0.49488	F(w)=-176.457
w=0.4	A(w)=0.48634	F(w)=-176.514
w=0.4	A(w)=0.47813	F(w)=-176.570
w=0.4	A(w)=0.47024	F(w)=-176.624
w=0.4	A(w)=0.46265	F(w)=-176.676
w=0.4	A(w)=0.45534	F(w)=-176.726
w=0.4	A(w)=0.44830	F(w)=-176.775
w=0.4	A(w)=0.44151	F(w)=-176.822
w=0.4	A(w)=0.43496	F(w)=-176.868
w=0.4	A(w)=0.42863	F(w)=-176.912
w=0.4	A(w)=0.42252	F(w)=-176.955
w=0.4	A(w)=0.41662	F(w)=-176.997
w=0.4	A(w)=0.41092	F(w)=-177.038
w=0.4	A(w)=0.40540	F(w)=-177.078
w=0.4	A(w)=0.40005	F(w)=-177.116
w=0.4	A(w)=0.39488	F(w)=-177.153
w=0.4	A(w)=0.38987	F(w)=-177.190
w=0.4	A(w)=0.38502	F(w)=-177.225
w=0.4	A(w)=0.38031	F(w)=-177.260
w=0.5	A(w)=0.37574	F(w)=-177.293
w=0.5	A(w)=0.37131	F(w)=-177.326
w=0.5	A(w)=0.36701	F(w)=-177.358
w=0.5	A(w)=0.36283	F(w)=-177.389
w=0.5	A(w)=0.35877	F(w)=-177.420
w=0.5	A(w)=0.35483	F(w)=-177.450
w=0.5	A(w)=0.35100	F(w)=-177.479
w=0.5	A(w)=0.34727	F(w)=-177.507
w=0.5	A(w)=0.34364	F(w)=-177.535
w=0.5	A(w)=0.34011	F(w)=-177.562
w=0.5	A(w)=0.33668	F(w)=-177.588

Press any key to continue

Програма А.3

Програма А.3 призначена для розрахунку перехідного процесу перетворювача в ненавантаженому і навантаженому станах при заданій частоті коливань ω_0 , ω в обох станах відповідно на певній ділянці часу t .

Список ідентифікаторів представлений в табл. А.3.

Блок 1 призначений для введення тимчасового дозволу dt , коефіцієнта загасання x .

Блоком 2 здійснюється розрахунок перехідної характеристики.

У блоці 3 здійснює виведення значень t , $h(t)$

Дана програма істотно полегшує і прискорює процес обчислення необхідних параметрів.

Таблиця А.3 – Список ідентифікаторів до програми А.2 по розрахунку перехідного процесу перетворювача у ненавантаженому та навантаженому стані при заданій частоті коливань ω_0 , ω в обох станах відповідно на визначеному відрізку часу t

Позначення		Найменування величини	Значення	Одиниці вимірювань
у формулі	у програмі			
<u>Вхідні дані</u>				
ω_0	w_0	Власна частота коливань	4945	рад/с
ω	w_H	Частота коливань з навантаженням	101	рад/с
E	E	Коефіцієнт Пуассона	0.3	м
ξ	x	Коефіцієнт загасання	0.1	
t_0	t_0	Початковий час	0.027	с
dt	dt	Тимчасовий дозвіл	0.00068	с
$h(t)$	$h(t)$	Перехідна характеристика		

Программа A.3

```
#include "stdafx.h"
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

const float wo=4945.48;
const float wn=101;
const float x=0.1;
const float t0 = 0.027;
const float Nt = 250;

float h, t;
int i;

int main() {
    float dt = t0/Nt;
    printf("dt=% 1.5f\n", dt);

    t = 0;
    printf("For wo=% 1.3f\n", wo);
    for(i=0;i<100;i++) {
        h = 1-exp(-2*3.14*wo*t*x)*(1/sqrt(1-x*x))*cos(2*3.14*wo*t*sqrt(1-
x*x)+atan(x/sqrt(1-x*x)));
        printf("t=% 1.4f  h(t)=% f\n", t, h);
        t = t+dt;
    }

    t = 0;
    printf("For wn=% 1.3f\n", wn);
    for(i=0;i<100;i++) {
        h = 1-exp(-2*3.14*wn*t*x)*(1/sqrt(1-x*x))*cos(2*3.14*wn*t*sqrt(1-
x*x)+atan(x/sqrt(1-x*x)));
        printf("t=% 1.4f  h(t)=% f\n", t, h);
        t = t + dt;
    }

    return 0;
}
```

Результати виконання програми А.3

```
dt=0.00011
For wo=4945.480
t=0.0000 h<t>=0.000000
t=0.0001 h<t>=1.687389
t=0.0002 h<t>=0.547047
t=0.0003 h<t>=1.283930
t=0.0004 h<t>=0.833303
t=0.0005 h<t>=1.088666
t=0.0006 h<t>=0.960853
t=0.0008 h<t>=1.009580
t=0.0009 h<t>=1.006576
t=0.0010 h<t>=0.985877
t=0.0011 h<t>=1.016448
t=0.0012 h<t>=0.984148
t=0.0013 h<t>=1.013827
t=0.0014 h<t>=0.988709
t=0.0015 h<t>=1.008769
t=0.0016 h<t>=0.993473
t=0.0017 h<t>=1.004673
t=0.0018 h<t>=0.996782
t=0.0019 h<t>=1.002125
t=0.0021 h<t>=0.998665
t=0.0022 h<t>=1.000786 t=0.0065 h<t>=1.000000
t=0.0023 h<t>=0.999579 t=0.0066 h<t>=1.000000
t=0.0024 h<t>=1.000188 t=0.0067 h<t>=1.000000
t=0.0025 h<t>=0.999951 t=0.0068 h<t>=1.000000
t=0.0026 h<t>=0.999972 t=0.0069 h<t>=1.000000
t=0.0027 h<t>=1.000064 t=0.0070 h<t>=1.000000
t=0.0028 h<t>=0.999924 t=0.0071 h<t>=1.000000
t=0.0029 h<t>=1.000073 t=0.0072 h<t>=1.000000
t=0.0030 h<t>=0.999936 t=0.0073 h<t>=1.000000
t=0.0031 h<t>=1.000052 t=0.0075 h<t>=1.000000
t=0.0032 h<t>=0.999959 t=0.0076 h<t>=1.000000
t=0.0033 h<t>=1.000030 t=0.0077 h<t>=1.000000
t=0.0035 h<t>=0.999978 t=0.0078 h<t>=1.000000
t=0.0036 h<t>=1.000015 t=0.0079 h<t>=1.000000
t=0.0037 h<t>=0.999990 t=0.0080 h<t>=1.000000
t=0.0038 h<t>=1.000006 t=0.0081 h<t>=1.000000
t=0.0039 h<t>=0.999996 t=0.0082 h<t>=1.000000
t=0.0040 h<t>=1.000002 t=0.0083 h<t>=1.000000
t=0.0041 h<t>=0.999999 t=0.0084 h<t>=1.000000
t=0.0042 h<t>=1.000000 t=0.0085 h<t>=1.000000
t=0.0043 h<t>=1.000000 t=0.0086 h<t>=1.000000
t=0.0044 h<t>=1.000000 t=0.0087 h<t>=1.000000
t=0.0045 h<t>=1.000000 t=0.0089 h<t>=1.000000
t=0.0046 h<t>=1.000000 t=0.0090 h<t>=1.000000
t=0.0048 h<t>=1.000000 t=0.0091 h<t>=1.000000
t=0.0049 h<t>=1.000000 t=0.0092 h<t>=1.000000
t=0.0050 h<t>=1.000000 t=0.0093 h<t>=1.000000
t=0.0051 h<t>=1.000000 t=0.0094 h<t>=1.000000
t=0.0052 h<t>=1.000000 t=0.0095 h<t>=1.000000
t=0.0053 h<t>=1.000000 t=0.0096 h<t>=1.000000
t=0.0054 h<t>=1.000000 t=0.0097 h<t>=1.000000
t=0.0055 h<t>=1.000000 t=0.0098 h<t>=1.000000
t=0.0056 h<t>=1.000000 t=0.0099 h<t>=1.000000
t=0.0057 h<t>=1.000000 t=0.0100 h<t>=1.000000
t=0.0058 h<t>=1.000000 t=0.0102 h<t>=1.000000
t=0.0059 h<t>=1.000000 t=0.0103 h<t>=1.000000
t=0.0060 h<t>=1.000000 t=0.0104 h<t>=1.000000
t=0.0062 h<t>=1.000000 t=0.0105 h<t>=1.000000
t=0.0063 h<t>=1.000000 t=0.0106 h<t>=1.000000
t=0.0064 h<t>=1.000000 t=0.0107 h<t>=1.000000
```

Додаток В

Графіки та їх спектри, отримані в результаті експериментальних досліджень зсувних датчиків

На рис.В.1 – В.8 показані залежності $U_{\text{вих}}(t)$ та їх спектри $S(f)$ для датчика НВМС

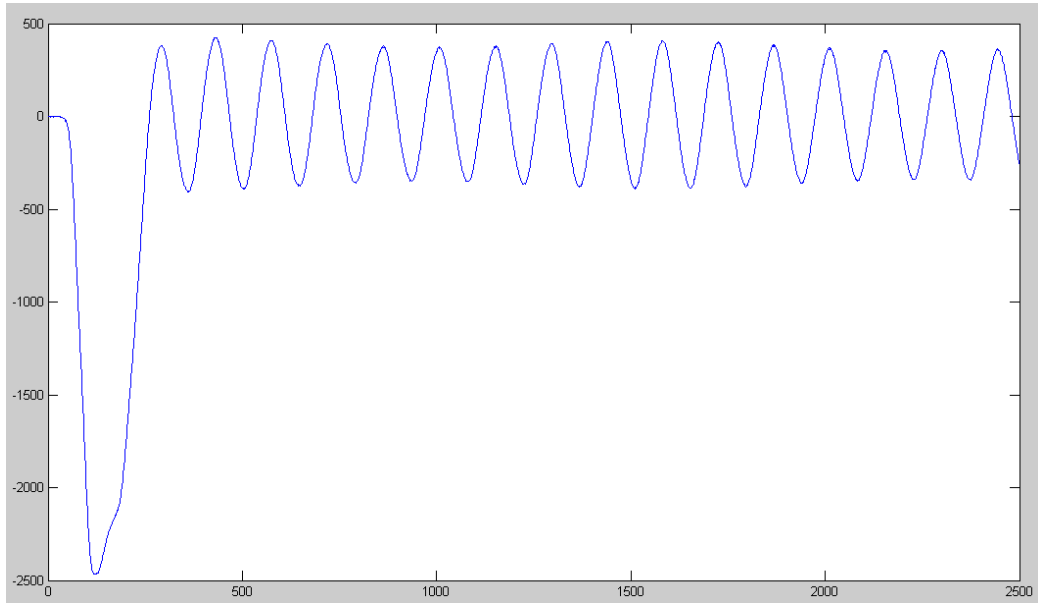


Рисунок В.1 – Удар кулею по ненавантаженому датчику через амортизатор

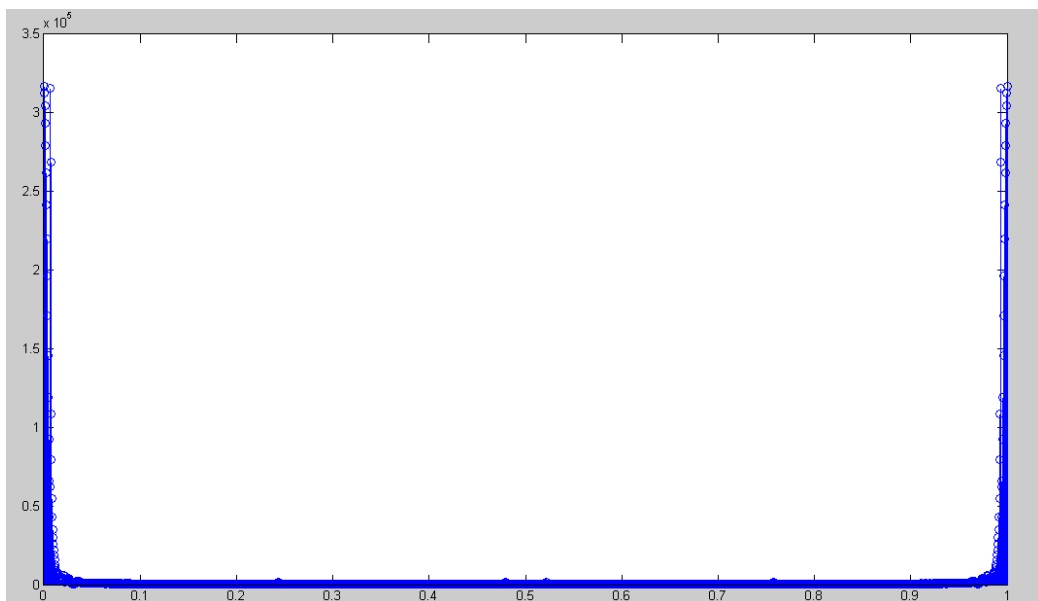


Рисунок В.2 – Спектр від сигналу, представлено на рисунку В.1

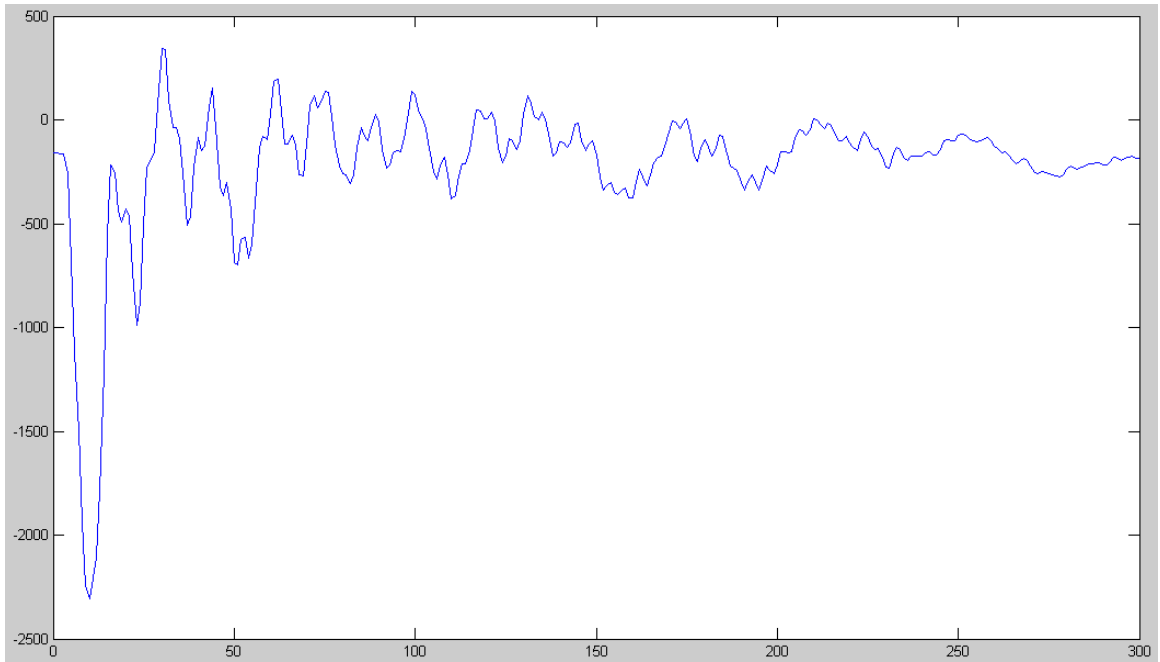


Рисунок В.3 – Удар кулею по навантаженому 20 кг датчику з вкрученим амортизатором

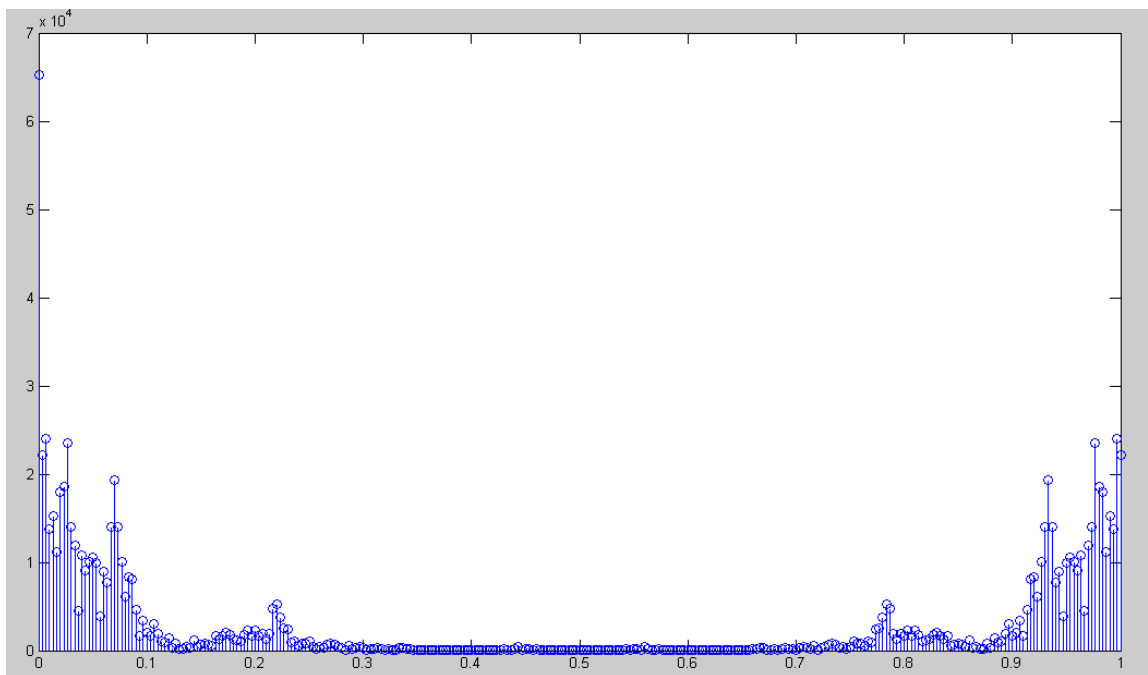


Рисунок В.4 – Спектр від сигналу, представлено на рисунку В.3

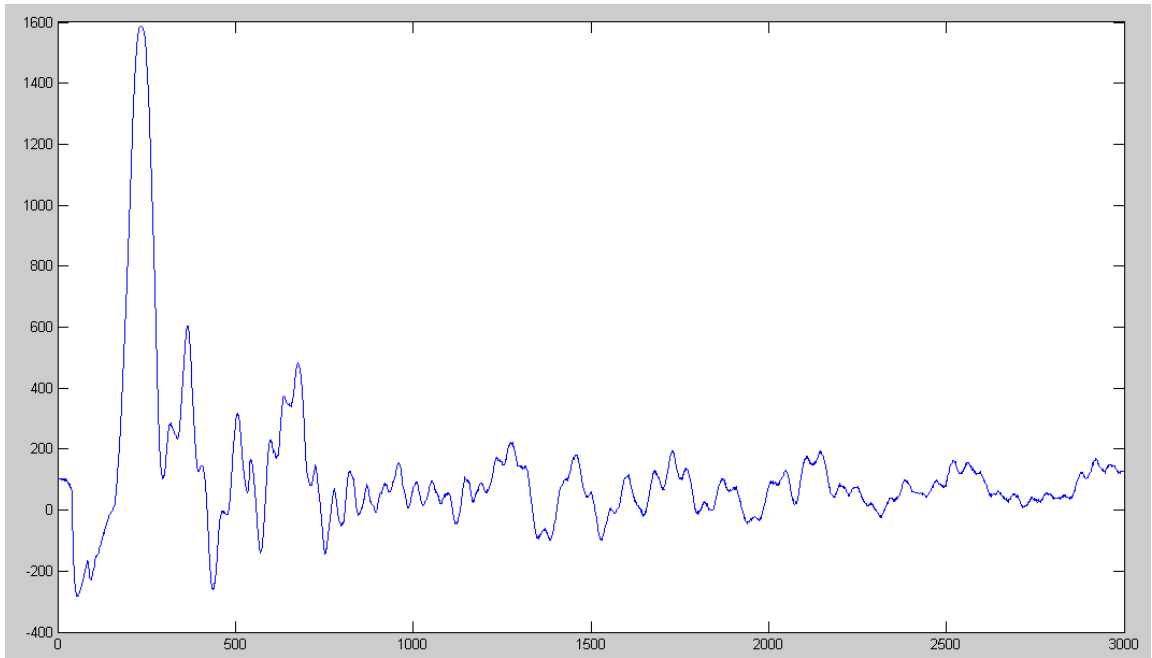


Рисунок В.5 – Удар кулею по навантаженому 40 кг датчику з вкрученим амортизатором

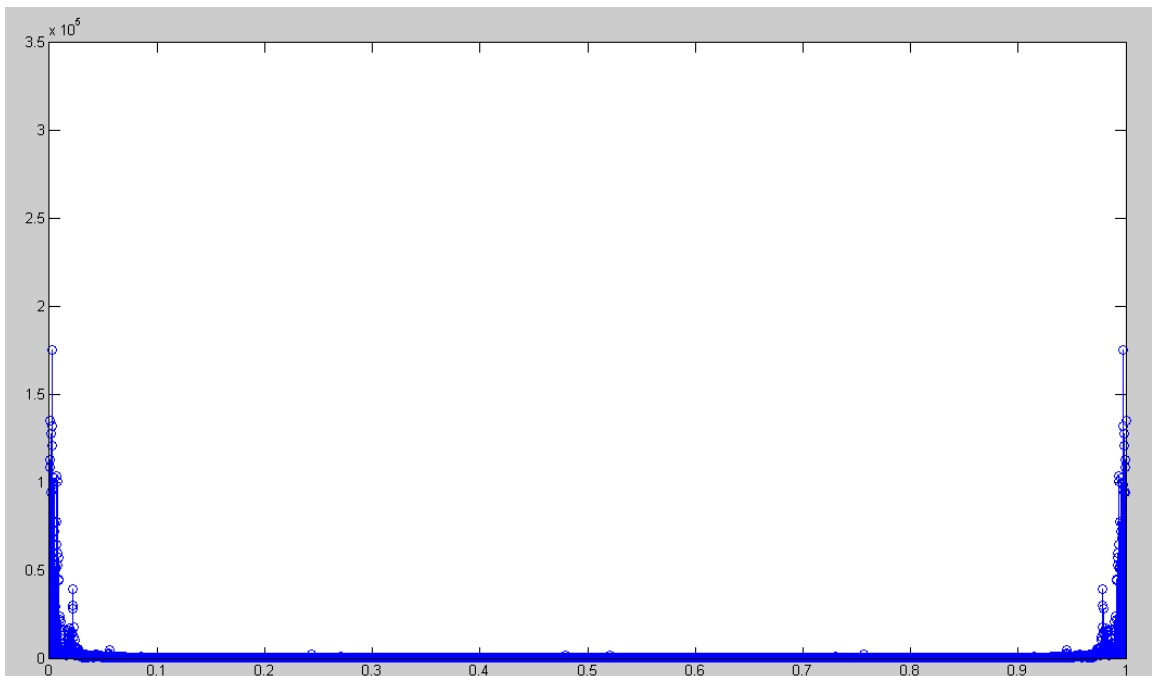


Рисунок В.6 – Спектр від сигналу, представленого на рисунку В.5

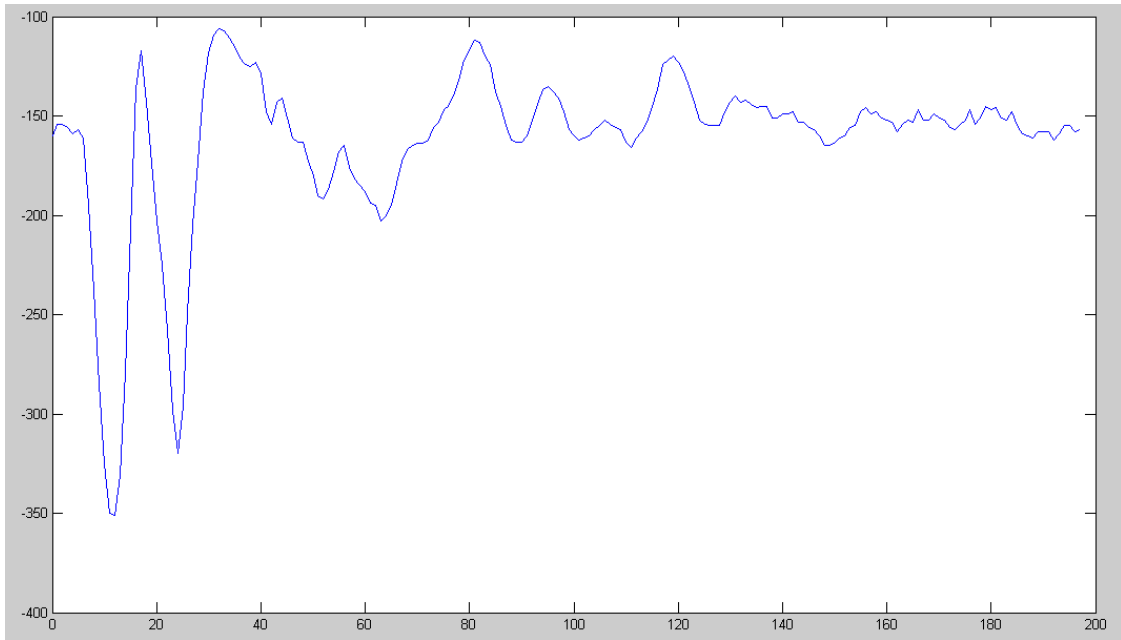


Рисунок В.7 – Удар кулею по навантаженому 60 кг датчику з вкрученим амортизатором

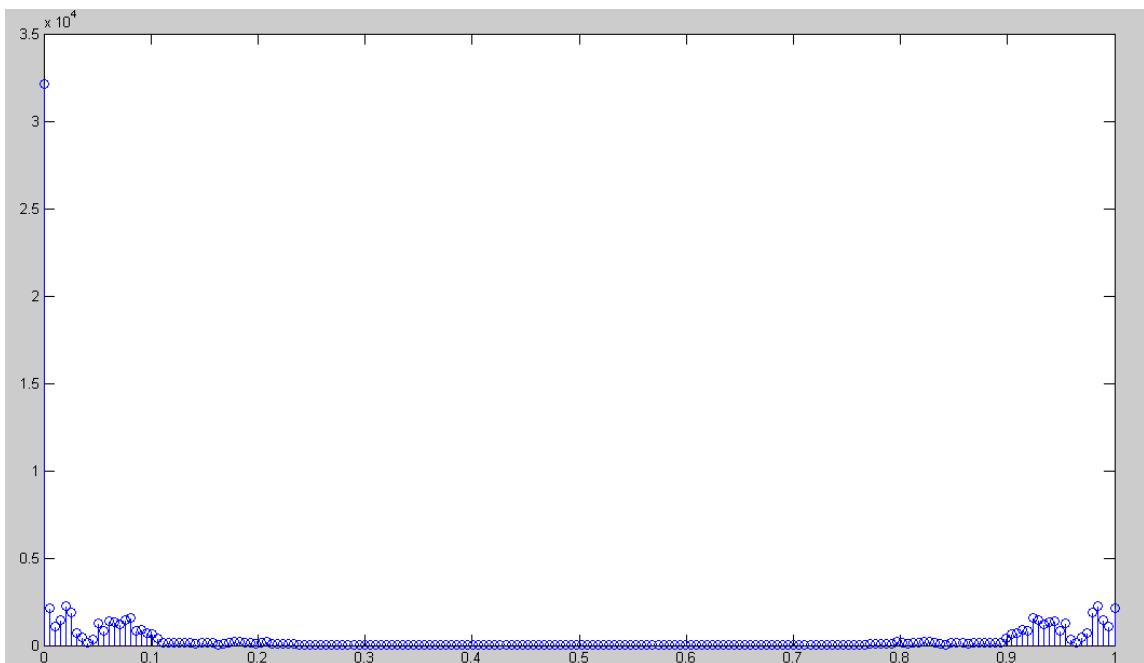


Рисунок В.8 – Спектр від сигналу, представленого на рисунку В.7

На рис. В.9 и В.10 показано залежність $U_{\text{вих}}(t)$ та спектр $S(f)$ для датчика ПВТС.

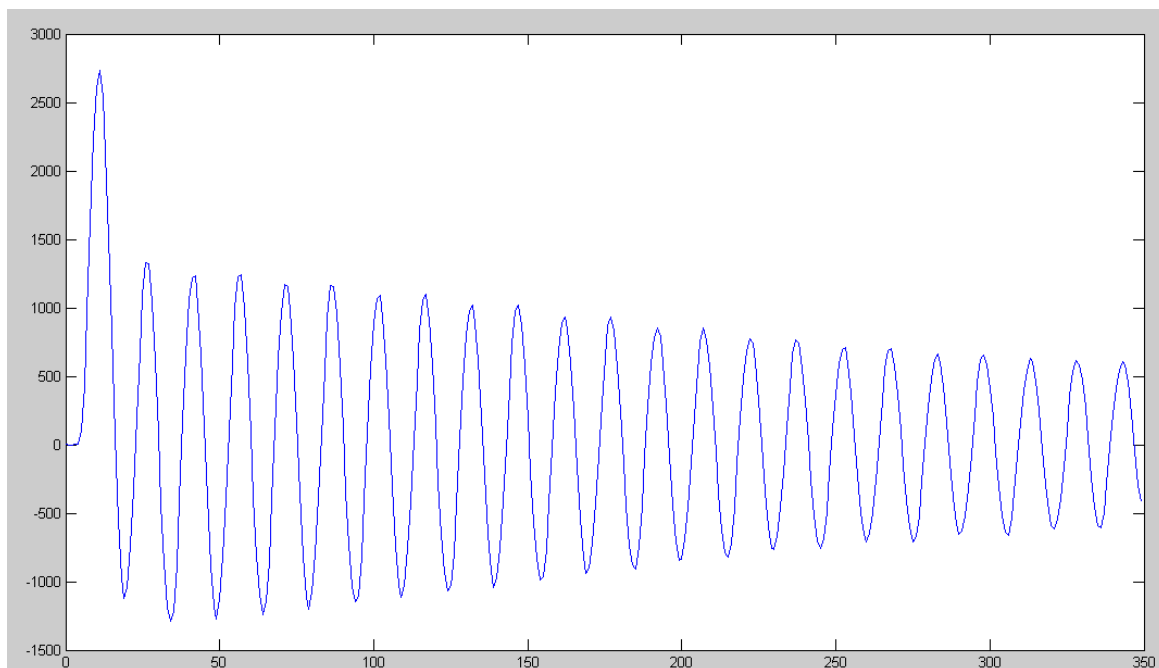


Рисунок В.9 – Удар кулею по ненавантаженому датчику, який знаходиться на металевому столі

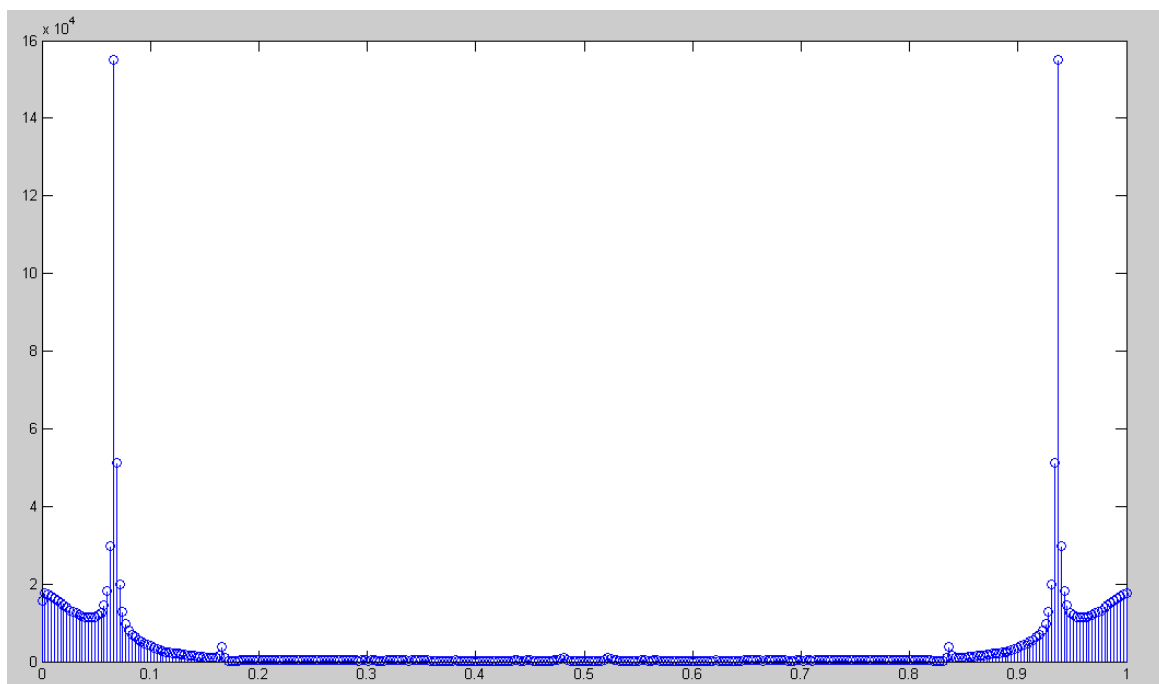


Рисунок В.10 – Спектр від сигналу, представленого на рисунку В.9

На рис. В.11 и В.12 показано залежність $U_{\text{ВЫХ}}(t)$ та спектр $S(f)$ для датчика ESIT.

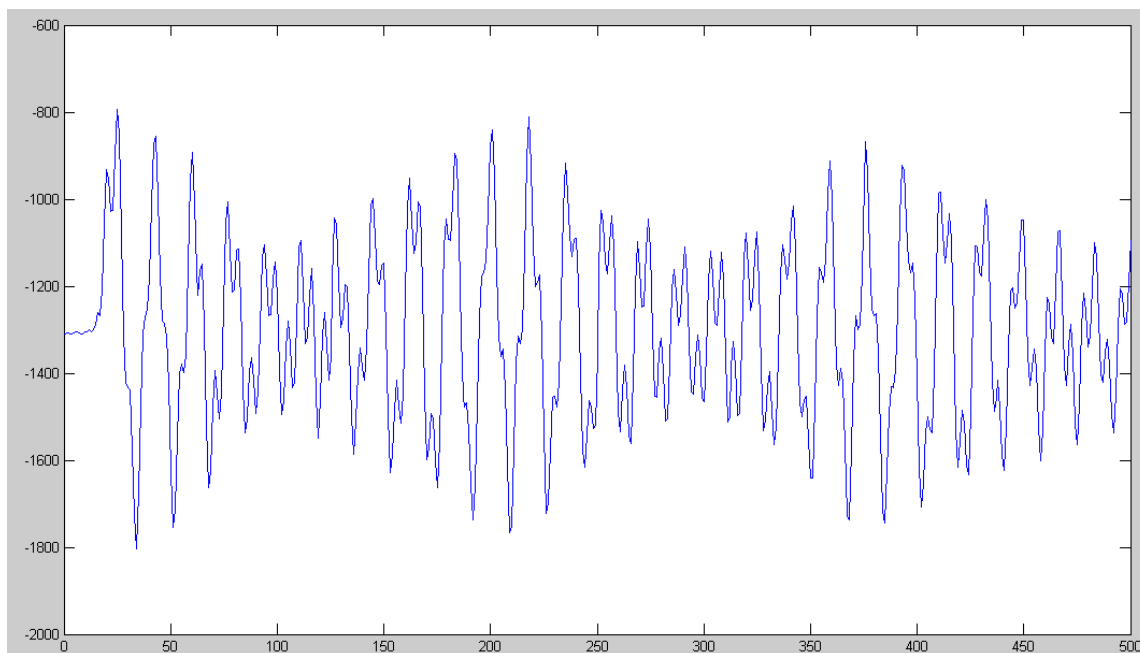


Рисунок В.11 – Удар кулею по ненавантаженому датчику, який знаходиться на гумовому килиму

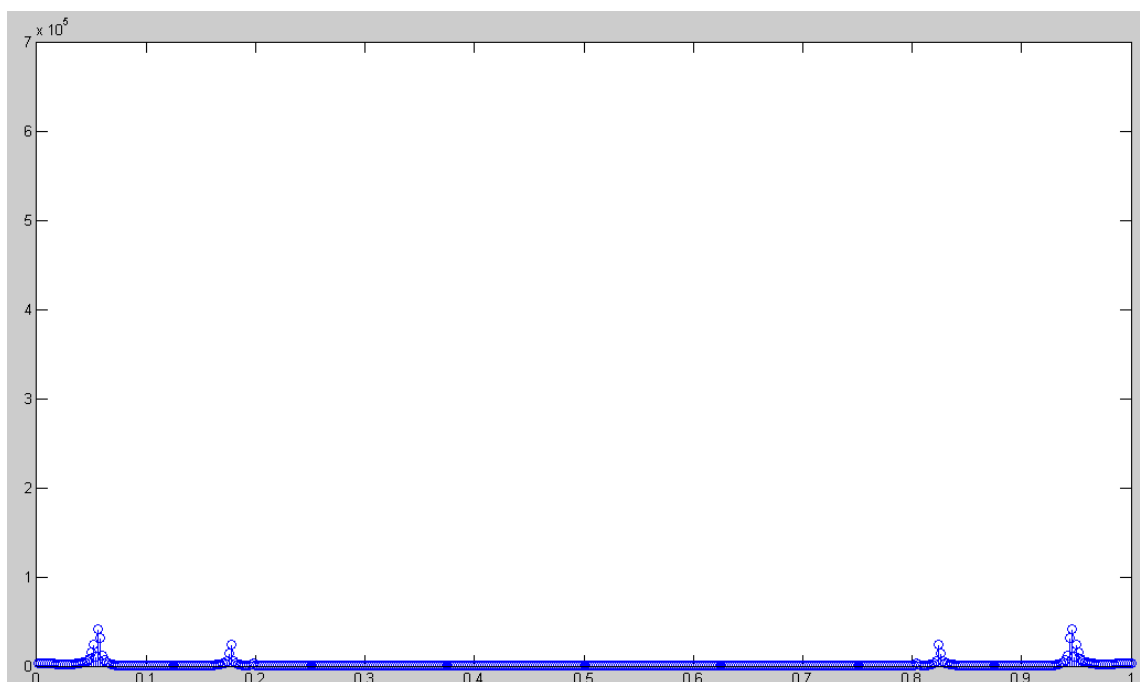


Рисунок В.12 – Спектр від сигналу, представленого на рисунку В.11

Додаток Г

Результати експериментальних досліджень власних частот коливань зсувних перетворювачів при впливі різних факторів

В таблицях Г.1 – Г.4 наведені результати експериментів при ударі кулькою з різних датчиків зсувного типу.

Таблиця Г.1 – Датчик зсувний НВМ RSCBC3: реакція на одиничний імпульс

Експеримент	Період власних коливань T, мкс	Частота власних коливань f, кГц
1. Удар кулею по датчику, що знаходиться на металевому столі	360	2,78
2. Удар кулею по датчику, що знаходиться на металевій консолі	359	2,79
3. Удар кулею по датчику, що знаходиться на дерев'яному столі	363	2,75
4. Удар кулею по датчику, що знаходиться на гумі	355	2,82
5. Удар кулею по датчику, що стоїть на амортизаторі	356	2,81
6. Удар кулею по датчику через кріплення з амортизатором	366	2,73
7. Удар кулею по датчику через амортизатор	357	2,8
8. Удар кулею по навантаженому 20 кг датчику з вкрученим амортизатором	2222	0,45
9. Удар кулею по навантаженому 40 кг датчику з вкрученим амортизатором	3450	0,29
10. Удар кулею по навантаженому 60 кг датчику з вкрученим амортизатором	3846	0,26
11. Удар кулею по навантаженому 20 кг датчику, що стоїть на гумовому килимку	2128	0,47

12. Удар кулею по навантаженому 40 кг датчику, що стоїть на гумовому килимку	3226	0,31
13. Удар кулею по навантаженому 60 кг датчику, що стоїть на гумовому килимку	3704	0,27
14. Удар кулею по навантаженому 20 кг датчику, що стоїть на круглому амортизаторі	2222	0,45
15. Удар кулею по навантаженому 40 кг датчику, що стоїть на круглому амортизаторі	3571	0,28
16. Удар кулею по навантаженому 60 кг датчику, що стоїть на круглому амортизаторі	3846	0,26

Таблиця Г.2 – Датчик зсувний ПВТС: реакція на одиничний імпульс

Експеримент	Період власних коливань T, мкс	Частота власних коливань f, кГц
1. Удар кулею по датчику, що знаходиться на металевому столі	378	2,65
2. Удар кулею по датчику, що знаходиться на гумі	377	2,65
3. Удар кулею по навантаженому 20 кг датчику, що стоїть на гумовому килимку	200	0,50
4. Удар кулею по навантаженому 40 кг датчику, що стоїть на гумовому килимку	278	0,36

Таблиця Г.3 – Датчик зсувний ПВТС: реакція на одиничний імпульс при ударі кулею з різної висоти

Експеримент: удар кулею по ненавантаженому датчику, що стоїть на металевому столі з висоти Н, м	Період власних коливань Т, мкс	Частота власних коливань f, кГц
0,5	375,0	2,67
	375,9	2,66
	378,9	2,64
1,0	375,0	2,68
	375,0	2,68
	375,7	2,67
1,5	375,0	2,68
	376,9	2,65
	375,0	2,68
2,0	376,6	2,66
	375,0	2,67
	375,0	2,67
2,5	375,0	2,67
	375,0	2,67
	375,0	2,67

Графік залежності амплітуди перехідного процесу від висоти удару кулею показаний на рис. Г.1.

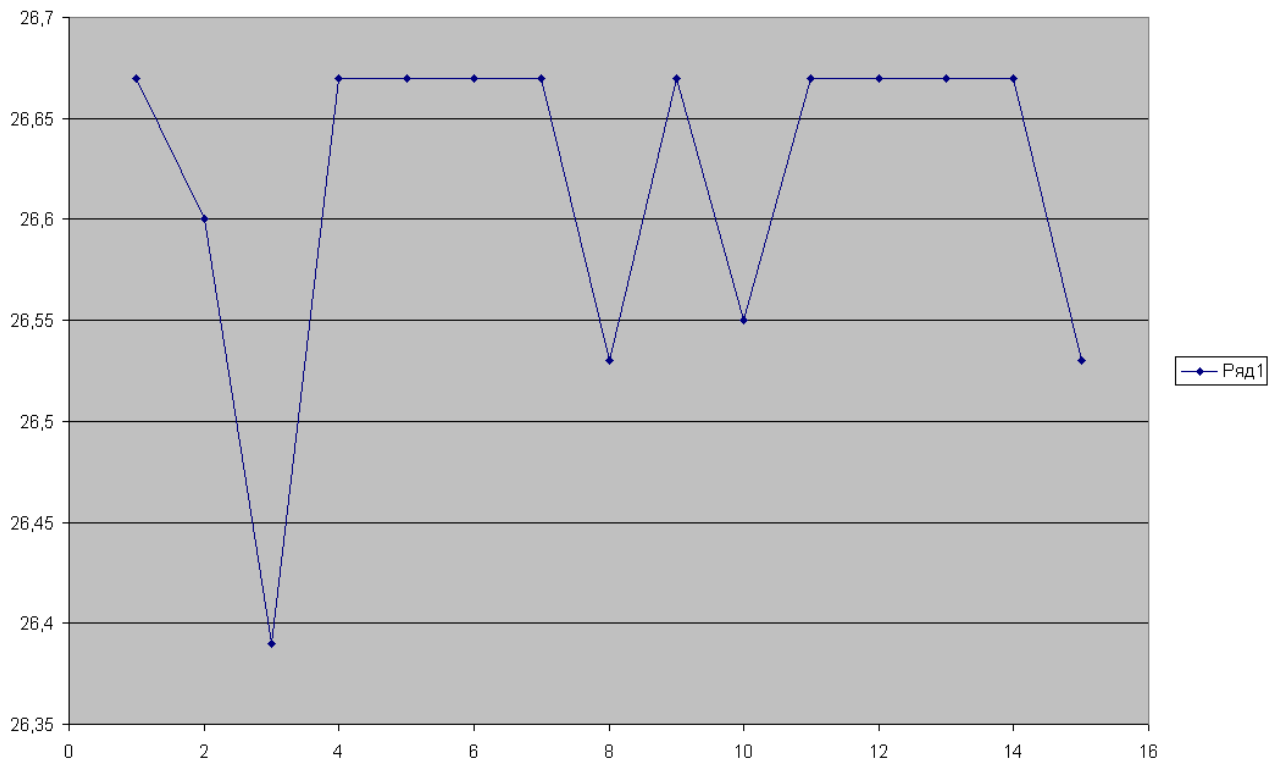


Рисунок Г.1 – Графік залежності амплітуди перехідного процесу від висоти удару кулею

Таблиця Г.4 – Датчик зсувний ESIT SCC3: реакція на одиничний імпульс

Експеримент	Період власних коливань T, мкс	Частота власних коливань f, Гц
1. Удар по ненавантажений датчику, що знаходиться на металевому столі	1389	720
2. Удар по ненавантажений датчику, що знаходиться на гумі	1379	725