



**Міністерство освіти і науки України**

**ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет мехатроніки та інжинірингу**

**Кафедра надійності та міцності машин і споруд  
ім. В. Я. Аніловича**

# **МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРІАЛІВ. МОДУЛЬ ПОЗДОВЖНЬОЇ ПРУЖНОСТІ І КОЕФІЦІЄНТ ПУАССОНА**

**Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт  
з дисциплін «Опір матеріалів»  
та «Механіка матеріалів і конструкцій»**

Для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня  
вищої освіти денної, заочної та дистанційної форм навчання  
інженерних спеціальностей

Харків  
2023

Міністерство освіти і науки України  
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет мехатроніки та інжинірингу  
Кафедра надійності та міцності машин і споруд  
ім. В. Я. Аніловича

**МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРІАЛІВ.  
МОДУЛЬ ПОЗДОВЖНЬОЇ ПРУЖНОСТІ  
І КОЕФІЦІЄНТ ПУАССОНА**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт  
з дисциплін «Опір матеріалів»  
та «Механіка матеріалів і конструкцій»

Для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
денної, заочної та дистанційної форм навчання  
інженерних спеціальностей

Затверджено  
рішенням методичної  
ради ФМІ ДБТУ  
Протокол № 1  
від 7 лютого 2023р

Харків  
2023

**УДК 539.3/6**

**M-55**

Схвалено на засіданні  
кафедри надійності та міцності машин і споруд ім. В.Я.Аніловича  
Протокол №6 від "30" січня 2020 р.

**Рецензенти:**

**Антощенко Р.В.** д.т.н., проф., завідувач кафедри мехатроніки, безпеки життєдіяльності та управління якістю Державного біотехнологічного університету

**Шентун С.Ю.** к.т.н., старший викладач кафедри надійності та міцності машин і споруд ім.В.Я Аніловича, Державний біотехнологічний університет

M-55 Механічні характеристики матеріалів. Модуль поздовжньої пружності і коефіцієнт Пуассона: метод. вказівки до виконання лабораторних робіт з дисциплін «Опір матеріалів» та «Механіка матеріалів і конструкцій» для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної, заоч. та дистанц. форм навч. інженерних спеціальностей / Державний біотехнологічний університет; уклад.: М.В.Сліпченко, В.Б.Савченко, О.А.Свіргун, О.І.Алфьоров, В.І.Іванов. - Харків: [б. в.], 2023. - 10с.

Методичні вказівки «Механічні характеристики матеріалів. Модуль поздовжньої пружності і коефіцієнт Пуассона» розроблено з метою надання практичних навичок здобувачами освіти під час виконання ними лабораторних робіт з дисципліни опір матеріалів (механіка матеріалів і конструкцій). Включають необхідні теоретичні положення, які дозволяють здобувачам освіти зрозуміти сутність явищ, які досліджуються. Методичні вказівки містять також опис порядку, методів і прийомів виконання лабораторної роботи. В додатку надано довідковий матеріал.

Видання призначене для здобувачів освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної, заочної та дистанційної форм навчання інженерних спеціальностей.

**Відповідальний за випуск (зав.каф.) : М. В. Сліпченко, к.т.н., доцент.**

© М.В.Сліпченко, В.Б.Савченко,  
О.А.Свіргун, О.І.Алфьоров,  
В.І.Іванов  
© ДБТУ, 2023

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

В методичних вказівках відображено зміст і послідовність проведення лабораторних занять, методику їх виконання, наведено перелік обладнання та приладів, які необхідні для досягнення запланованого результату. Методичні вказівки також містять короткий теоретичний коментар, який дозволяє студентів зрозуміти сутність явищ, які досліджуються на лабораторному занятті, а також перелік структурних елементів протоколу який складається за результатами досліджень. Наприкінці студентів надано питання для самоконтролю засвоєння матеріалу і необхідний додатковий матеріал у вигляді переліку рекомендованої літератури і довідкових таблиць.

**Увага!** Матеріал, який рекомендовано до включення в протокол при оформленні лабораторної роботи, виділено курсивом, або напівжирним курсивом.

### Основні правила техніки безпеки

Приступаючи до виконання лабораторних робіт, студент зобов'язаний знати правила техніки безпеки, а також повинен вміти надати першу допомогу при поразці електричним струмом.

1. Перед першим заняттям в лабораторії студенти повинні пройти первинний інструктаж по техніці безпеки. Інструктаж проводить завідуючий лабораторією, про що в журналі реєстрації виконується відповідний запис.
2. Випробувальні машини, лабораторні установки і прилади включаються під напругу тільки викладачем (керівником занять).
3. Щоб уникнути травмування, зразки, для яких проводяться руйнуючі випробування, слід закривати захисними огорожами (щитками або екранами), що передбачені в конструкції випробувальної машини.

#### Категорично забороняється:

- перемикати важелі управління випробувальних машин, перемикачі і ручки управління приладів без дозволу викладача;
- торкатися до неізольованих струмопровідних частин (провідників).

**У випадку враження електричним струмом** необхідно надати потерпілому першу невідкладну допомогу. Для цього:

- негайно відключити всі лабораторні установки від мережі;
- викликати лікаря і доповісти про те, що трапилося в ректорат університету;
- покласти потерпілого на рівну поверхню;
- розстібнути одяг, який утрудняє дихання, і визначити стан потерпілого;

- у разі відсутності дихання і ритмічного пульсу зробити потерпілому штучне дихання і масаж в області серця.

**Увага!** Першу допомогу потерпілому необхідно надавати (за необхідності) безперервно до прибуття лікаря.

### *Лабораторна робота.*

## **ВИЗНАЧЕННЯ МОДУЛЯ ПОЗДОВЖНЬОЇ ПРУЖНОСТІ І КОЕФІЦІЄНТА ПУАССОНА**

**Мета роботи.** Виміряти відносні поздовжню і поперечну деформації стрижня при центральному розтяганні. Визначити модуль поздовжньої пружності  $E$  і коефіцієнт Пуассона  $\mu$ .

**Прилади та обладнання.** Універсальна випробувальна машина УММ-5, вимірювач статичної деформації ІДЦ-1, сталева пластинка (переріз  $0,8 \times 4,0$  см) з наклеєними тензорезисторами.

### **Загальні положення**

Будь яке тіло під дією прикладених сил зазнає більш менш значну деформацію. Якщо після усунення зовнішніх сил деформація зникає, то тіло називають пружним; а якщо залишається помітна «залишкова» деформація, тіло називають пластичним.

Найпростішою і практично найбільш важливою деформацією є деформація подовження (розтягування) тіла. Оскільки тверде пружне тіло намагається зберегти свій об'єм, виникнення під дією зовнішніх навантажень поздовжньої деформації  $\Delta l$  призводить до появи поперечної деформації  $\Delta a$  (рис.1.1). Звернемо увагу на те, що ці дві деформації мають протилежні знаки.

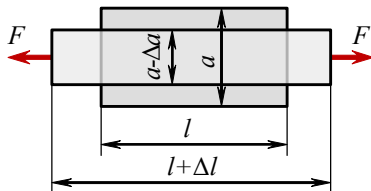


Рис.1.1. *Схема деформацій стрижня під дією поздовжнього навантаження*

При розрахунках зручно використовувати відносні величини деформацій:

$$\text{відносна поздовжня деформація } \varepsilon = \frac{\Delta l}{l} ;$$

$$\text{відносна поперечна деформація } \varepsilon' = \frac{\Delta a}{a}.$$

*Їх співвідношення є однією з характерних властивостей матеріалу і визначається коефіцієнтом Пуассона*

$$\mu = -\frac{\varepsilon'}{\varepsilon}. \quad (1.1)$$

Таким чином, коефіцієнт Пуассона – це величина співвідношення відносного поперечного стискання до відносного поздовжнього розтягання ізотропного тіла при деформації розтягу (коефіцієнт поперечної деформації). Коефіцієнт Пуассона не має розмірності і для більшості матеріалів є величиною додатною.

Для абсолютно крихкого матеріалу коефіцієнт Пуассона дорівнює 0, для абсолютно пружного — 0,5. Для більшості сталей цей коефіцієнт приблизно дорівнює 0,3, для гуми він наближується до 0,49.

Коефіцієнт Пуассона може також бути від'ємним у деяких матеріалів. Це означає, що при розтягу поперечні розміри тіла у таких матеріалів будуть збільшуватися. Такі матеріали називають ауксетіками (в основному це полімери, деякі кристали).

Іншою властивістю матеріалу є здатність пружно опиратися деформації в певних межах навантажень. Такою характеристикою матеріалу є модуль поздовжньої пружності (модуль Юнга, модуль пружності першого роду).

Модуль поздовжньої пружності є відношенням нормальних напружень  $\sigma$ , які виникають при розтяганні, до відповідної відносної деформації  $\varepsilon$ :

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}. \quad (1.2)$$

Оскільки нормальні напруження при розтяганні визначаються як відношення розтягуючої сили  $F$  до площі поперечного перерізу  $A$ , **значення модуля поздовжньої пружності (модуля Юнга) може бути визначено за формулою:**

$$E = \frac{F}{A \cdot \varepsilon}. \quad (1.3)$$

Модуль пружності, як і напруження, має розмірність відношення сили до площі - Н/м<sup>2</sup> (Па).

Коефіцієнт Пуассона і модуль поздовжньої пружності можна визначити експериментально шляхом вимірювання поздовжньої і поперечної деформацій при розтяганні зразка. Одним з методів визначення відносної деформації є ме-

тод тензометрії з використанням резистивних тензодатчиків, які наклеєні на поверхню зразка. Датчик являє собою тонкий дріт із спеціального сплаву, яка певним чином (петлями) розміщена між двома шарами ізолюючого матеріалу (рис.1.2,а). Такі датчики змінюють свій електричний опір при деформації вздовж повздовжньої осі.

Таким чином, вимірюючи електричний опір тензодатчика до і після навантаження зразка, можна визначити величину його відносної деформації. Для проведення вимірювань зручно використовувати спеціалізований прибор ІДЦ-1, який враховує характерні властивості тензодатчиків і виводить на екран числове значення в одиницях ІДЦ. Схема підключення прибору показана на рис.1.2,б. За допомогою комутатора можна послідовно проводити вимірювання повздовжньої або поперечної деформації.

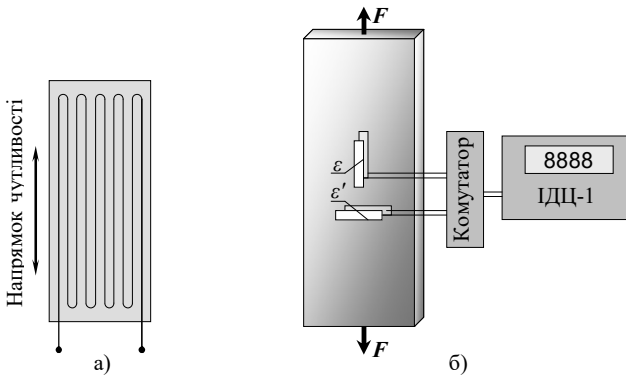


Рис.1.2. *Схема тензорезистора (а) і підключення датчиків до прибору ІДЦ-1 (б)*

### Порядок виконання роботи

Матеріал, який набрано *напівжирним курсивом* рекомендовано занести до протоколу при оформленні лабораторної роботи

Після того, як пластину з датчиками буде закріплено в захватах випробувальної машини УММ-5, а датчики через комутатор підключені до прибору ІДЦ-1, можна починати проведення експериментальної частини роботи.

Включивши комутатор на вимірювання повздовжньої деформації, натискають на кнопку "Пуск" і знімають відлік з цифрового індикатора прибору ІДЦ-1. Отримане чотиризначне число  $N_0$  записують в таблицю 1.1 в стовпчик датчика поздовжньої деформації над рискою (навантаження 0). Перемкнувши комутатор на вимірювання поперечної деформації і натиснувши кнопку "Пуск"

знімають з прибору відлік і заносять його також над рискою в стовпчик поперечного датчику табл.1.1.

Таблиця 1.1

**Результати вимірювань**

№ п/п	Навантаження, кН	Датчик поздовжньої деформації		Датчик поперечної деформації	
		$N_0$	$\Delta N$	$N_0$	$\Delta N$
		$N_p$		$N_p$	
1	0				
	15				
2	0				
	15				
3	0				
	15				

Прикладаючи за допомогою випробувальної машини УММ-5 навантаження  $F = 1500$  кг ( $\approx 15$  кН), послідовно знімають з прибору значення  $N_p$  для поздовжнього і поперечного датчиків, які записують у відповідні стовпчики таблиці 1.1 під рискою (навантаження 15 кН). Віднімаючи від нижнього значення верхнє, отримують значення відносної деформації ( $\Delta N = N_p - N_0$ ) в одиницях ІДЦ для поздовжнього і поперечного датчиків.

На цьому один опит вважається завершеним. Для підвищення точності вимірювань бажано провести 2-3 опити, а отримані значення  $\Delta N$  осереднити.

Визначити величину коефіцієнту Пуассона для матеріалу досліджуваної пластини можна за формулою (1.1). Оскільки в ній береться відношення відносних деформацій, немає необхідності переводити значення  $\Delta N$  з одиниць ІДЦ в дійсні значення відносних деформацій ( $\varepsilon = \Delta N \cdot 10^{-5}$ ). Але, для розрахунку значення модуля поздовжньої пружності  $E$ , в формулу (1.3) слід підставляти значення навантаження  $F$ , площі перерізу  $A$  і відносної деформації  $\varepsilon$  у відповідній розмірності. Підставляючи, отримаємо

$$E = \frac{F}{A \cdot \varepsilon} = \frac{15 \cdot 10^3}{(0,8 \cdot 4) \cdot 10^{-4} \cdot \Delta N \cdot 10^{-5}} = \frac{15 \cdot 10^6}{3,2 \cdot \Delta N} = \dots \text{ (МПа)}$$

**Наприкінці роботи**, порівнюючи отримані значення коефіцієнта Пуассона  $\mu$  і модуля поздовжньої пружності  $E$  з відповідними значеннями, відомими для різних матеріалів (додаток А), необхідно зробити висновок про те, з якого матеріалу виготовлено пластину досліджуваного зразка.



### Питання для самоконтролю

1. Як обчислити значення відносної деформації?
2. Якщо відносна деформація від'ємна, то що це означає?
3. Які знаки можуть мати відносні поздовжня и поперечна деформації, виміряні на одному стрижні.
4. Від чого залежить значення коефіцієнту поздовжньої пружності (розміри деталі, форма перерізу, величина навантаження, виключно характеристика матеріалу)?
5. Що можна вимірювати за допомогою тензодатчиків.

### Рекомендована література

1. **Міцність та надійність машин:** Навчальний посібник /В.Я.Анілович, О.С.Грінченко, В.В.Карабін, В.О.Літвінов, В.Л.Литвиненко, за ред. В.Я.Аніловича. – К., Урожай, 1996. 288с.
2. **Опір матеріалів:** Підручник / Г.С.Писаренко, О.Л.Квітка, Е.С.Уманський; За ред. Г.С. Писаренка. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К.: Вища шк. 2004. 655с.
3. Довбуш Т.А. **Опір матеріалів:** навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т. А. Довбуш, Н. І. Хомик, А. В. Бабій, Г. Б. Цьонь, А. Д. Довбуш. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.
4. **Механіка матеріалів і конструкцій.** Лабораторні роботи: Навчальний посібник для вузів / І.А. Цурпал, С.І. Пастушенко, М.П. Барабан, В.М. Швайко. – 3 є вид. перероб. І допов. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 272 с.
5. Шваб'юк В.І. **Опір матеріалів:** Навч. Посібник. – К.: Знання, 2009. – 380 с.
6. **Solution of classic problems** of the "strength of materials" discipline using finite element analysis systems [Text] / О. Svirgun, V. Savchenko, V. Svirgun // The VI International Scientific and Practical Conference «Scientific discussions and solution development», December 05 – 07, Graz, Austria, 2022. P.301-303

Модулі пружності і коефіцієнти Пуассона  
деяких матеріалів

Матеріал		Модулі пружності, МПа		Коефіцієнт Пуассона
		Модуль Юнга $E$	Модуль зсуву $G$	
<b>Чавун</b>	білий, сірий	$(1,15...1,60) \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^4$	0,23...0,27
	ковкий	$1,55 \cdot 10^5$	-	-
<b>Сталь</b>	вуглецева	$(2,0...2,1) \cdot 10^5$	$(8,0...8,1) \cdot 10^4$	0,24...0,28
	легована	$(2,1...2,2) \cdot 10^5$	$(8,0...8,1) \cdot 10^4$	0,25...0,30
<b>Мідь</b>	прокатна	$1,1 \cdot 10^5$	$4,0 \cdot 10^4$	0,31...0,34
	холоднотягнута	$1,3 \cdot 10^5$	$4,9 \cdot 10^4$	-
	лита	$0,84 \cdot 10^5$	-	-
<b>Латунь</b>	холоднотягнута	$(0,91...0,99) \cdot 10^5$	$(3,5...3,7) \cdot 10^4$	0,32...0,42
	корабельна катана	$1,0 \cdot 10^5$	-	0,36
<b>Алюміній</b>	катаний	$0,69 \cdot 10^5$	$(2,6...2,7) \cdot 10^4$	0,32...0,36
	Дріт алюмінієвий тягнутий	$0,7 \cdot 10^5$	-	-
	Дюралюміній катаний	$0,71 \cdot 10^5$	$2,7 \cdot 10^4$	-
<b>Цинк</b>	катаний	$0,84 \cdot 10^5$	$3,2 \cdot 10^4$	0,27
<b>Свинець</b>		$0,17 \cdot 10^5$	$0,7 \cdot 10^4$	0,42
<b>Лід</b>		$0,1 \cdot 10^5$	$(0,28...0,3) \cdot 10^4$	-
<b>Скло</b>		$0,56 \cdot 10^5$	$0,22 \cdot 10^4$	0,25
<b>Граніт</b>		$0,49 \cdot 10^5$	-	-
<b>Вапняк</b>		$0,42 \cdot 10^5$	-	-
<b>Мармур</b>		$0,56 \cdot 10^5$	-	-
<b>Пісковик</b>		$0,18 \cdot 10^5$	-	-
<b>Кам'яна кладка</b>	з граніту	$(0,09...0,1) \cdot 10^5$	-	-
	з вапняку	$0,06 \cdot 10^5$	-	-
	з цегли	$(0,027...0,030) \cdot 10^5$	-	-
<b>Бетон при межі міцності, МПа:</b>				
	10	$(0,146...0,196) \cdot 10^5$	-	0,16...0,18
20	$(0,182...0,232) \cdot 10^5$	-	0,16...0,18	
<b>Деревина</b>	вздовж волокон	$(0,1...0,12) \cdot 10^5$	$0,055 \cdot 10^4$	-
	поперек волокон	$(0,005...0,01) \cdot 10^5$	-	-
<b>Каучук</b>		$0,00008 \cdot 10^5$	-	0,47
<b>Текстоліт</b>		$(0,06...0,1) \cdot 10^5$	-	-
<b>Гетинакс</b>		$(0,1...0,17) \cdot 10^5$	-	-
<b>Бакеліт</b>		$(2...3) \cdot 10^3$	-	0,36
<b>Целулоїд</b>		$(1,43...2,75) \cdot 10^3$	-	0,33...0,38

Навчальне видання

# **МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРІАЛІВ. МОДУЛЬ ПОЗДОВЖНЬОЇ ПРУЖНОСТІ І КОЕФІЦІЄНТ ПУАССОНА**

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт  
з дисциплін «Опір матеріалів»  
та «Механіка матеріалів і конструкцій»

**Автори-укладачі:**

**СЛІПЧЕНКО** Максим Володимирович  
**САВЧЕНКО** Володимир Борисович  
**СВІРГУН** Ольга Анатоліївна  
**АЛФЬОРОВ** Олексій Ігорович  
**ІВАНОВ** Володимир Іванович

Формат 60×84 1/16. Гарнітура Times New Roman.  
Папір для цифрового друку. Друк принтерний.  
Умов. друк. арк. 0,5  
Наклад 30 примірників.

---

Державний біотехнологічний університет  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44