

**ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ІЗ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНУ ГУКА
ДЛЯ РОЗТЯГНУТОГО СТРИЖНЯ. ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ
НА ДЕФОРМАЦІЮ СТРИЖНЯ. ПЕРЕВІРКА ДОСТОВІРНОСТІ
РЕЗУЛЬТАТУ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

НТУ «Дніпровська політехніка»

Швець Наріман Русланович
Наукові керівники: д.т.н., професор Заболотний К. С.,
к.т.н., доцент Панченко О. В.,
аспірант Симоненко В. В.

З метою поглиблення знань з теорії напружено-деформованого стану науковими керівниками було запропоновано додаткові завдання в рамках курсу «СALS ТвМБ», до складу яких входить завдання з визначення закону Гука та аналіз факторів, що впливають на деформацію стрижня.

Завдання складається з трьох блоків:

- 1) обґрунтування розрахункової схеми;
- 2) визначення факторів, що впливають на деформацію стрижня;
- 3) визначення похибки розрахункових деформацій.

Експеримент проводився в програмі SolidWorks, перевірка результату – Mathcad.

Блок 1. Закон Гука свідчить про те, що між деформаціями і механічними напруженнями встановлюється лінійна залежність [1]. Перед проведенням експерименту були створені тривимірні моделі стрижня та вантажу у вигляді куба (рис. 1а).

Вихідні дані:

- розміри стрижня: довжина (L) – 550 мм, діаметр (d) 35 мм;
- розміри куба: 85x85x85 мм;
- матеріал стрижня: гума (модуль пружності (E) 6,1 МПа);
- матеріал куба: проста вуглецева сталь (вага вантажу становить 4,79 кг).

Під час проведення розрахунку був зафіксований верхній торець стрижня та додано зовнішнє навантаження «сила тяжіння» (розрахункова схема показана на рис. 1б); запущено розрахунок та проаналізовано переміщення стрижня з вантажем (рис. 1в). Значення переміщення нижнього торця стрижня дорівнює 4,589 мм.

Прийнято рішення спростити розрахункову схему, шляхом заміною вантажу на зосереджену силу, яка дорівнює добутку маси на прискорення вільного падіння, тобто 46,7 Н (рис. 1г). Переміщення нижнього торця стрижня становить 4,593 мм, похибка – 0,087%.

Для нехтування власною вагою стрижня у наступних розрахунках розглянуто випадок дії зосередженої сили на невагомий стрижень (рис. 1г). В дереві розрахунків погашено силу тяжіння. Переміщення нижнього торця стрижня складає 4,353 мм, похибка – 5,42%.

Блок 2. Обґрунтування впливу факторів на деформацію стрижня.

СЕКЦІЯ – ІНЖИНІРИНГ ТА ДИЗАЙН

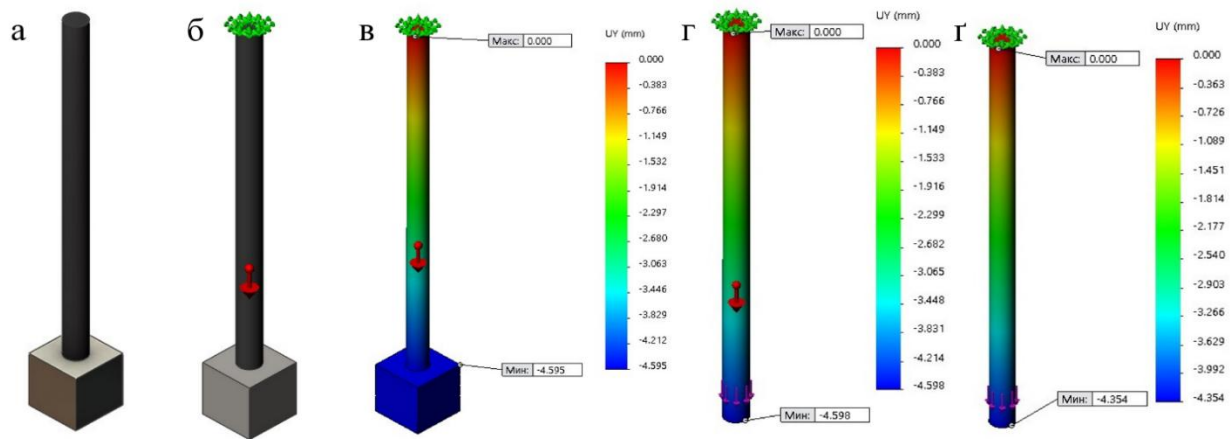


Рис. 1 Блок 1: а - досліджувані об'єкти; б – розрахункова схема; в - еюра переміщень стрижня з вантажем по вісі Y; г - еюра переміщень стрижня з зосередженою силою по вісі Y; г - еюра переміщень невагомому стрижня з зосередженою силою по вісі Y

Для того, щоб розглянути вплив факторів було проведено додаткові дослідження (результати вказані в таблиці 1.; графіки залежностей – рис. 2).

Таблиця 1

Залежність деформації від модуля пружності матеріалу		
Матеріал	Модуль пружності	Переміщення кромки нижнього торця, мм
Гума	$E = 6,1 \text{ МПа}$	4,3525
Бальса	$E = 3 \text{ ГПа}$	0,0088899
Нейлон 6/10	$E = 8,3 \text{ ГПа}$	0,0032136
Залежність деформації від довжини стрижня		
Матеріал	Довжина стрижня, мм	Переміщення кромки нижнього торця, мм
Гума	275	2,162
	550	4,353
	1100	8,733
Залежність деформації від площини поперечного перерізу стрижня		
Матеріал	Площина п.п. стрижня, мм^2	Переміщення кромки нижнього торця, мм
Гума	962	4,353
	2165	1,934
	3848	1,087
	6013	0,694
Залежність деформації від впливу повздовжньої сили на стрижень		
Повздовжня сила, Н		Переміщення кромки нижнього торця, мм
23,495		2,176
47		4,353
93,98		8,705

Аналіз впливу факторів на деформацію стрижня

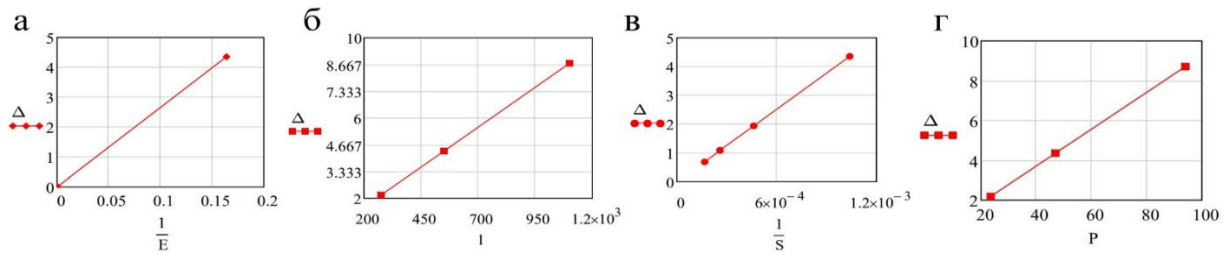


Рис. 2 Блок 2: а - графік залежності деформації від модуля пружності; б – графік залежності деформації від довжини; в - графік залежності деформації від площі поперечного перерізу; г - графік залежності деформації від повздовжньої сили

Блок 3. Визначення похибки розрахункових деформацій проводилась в системі комп'ютерної алгебри Mathcad (рис. 3).

$P := 46.9899\text{N}$	- повздовжня сила
$L := 550\text{mm}$	- довжина стрижня
$E := 6.1\text{MPa}$	- модуль пружності матеріалу стрижня
$d := 35\text{mm}$	- діаметр стрижня
$S := \pi \cdot \frac{d^2}{4} = 962.113 \cdot \text{mm}^2$	- площа поперечного перерізу стрижня
Деформація стрижня:	
$\Delta := \frac{P \cdot L}{E \cdot S} = 4.404 \cdot \text{mm}$	
$\Delta_1 := 4.404\text{mm}$	деформація стрижня, яка розрахована за допомогою Mathcad
$\Delta_2 := 4.3525\text{mm}$	деформація стрижня, яка розрахована за допомогою SolidWorks Simulation
Похибка:	
$\delta_{\%} := \left(\frac{\Delta_1}{\Delta_2} - 1 \right) \cdot 100 = 1.183$	

Рис. 3 Розрахунок похибки

Висновки:

1) Проаналізувавши графіки залежностей, можна стверджувати, що деформація (розтяг-стиск) стрижня залежить від: модуля пружності матеріалу (чим більше модуль, тим менше деформація); довжини (пряма пропорційна залежність); площини поперечного перерізу стрижня (обернена пропорційна залежність); діючої повздовжньої сили (чим більше значення сили, тим більша деформація).

2) Похибка розрахунків складає 1,183%, що свідчить про високу достовірність результату комп'ютерного моделювання.

Перелік посилань:

1. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів: Підручник. – К.: Вища шк., 2004. – 665 с.