

## ПРУЖНІ ВЛАСТИВОСТІ 3D ДРУКОВАНИХ ЗРАЗКІВ ABS ПЛАСТИКУ РІЗНОГО ЗАПОВНЕННЯ

**Чупіков М. В\*., Якуніна Н.\*\*., Горностаєва В. В\*\*.,  
Коростельова Є.Ю.\***

*\*Школа I-III ступеня №78 Печерського р-ну м. Києва,  
вулиця Шота Руставелі, 47, Київ, 01033,  
e-mail: [m1ros4upa@gmail.com](mailto:m1ros4upa@gmail.com),*

*\*\*Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,  
м. Київ, пр. Перемоги, 37, Україна  
e-mail: [viktorigornostaeva@gmail.com](mailto:viktorigornostaeva@gmail.com)*

Метою роботи є дослідження зміни пружних властивостей 3D друківаних матеріалів у залежності від заповнення, моделювання процесів деформації зразків різної фізичної природи та порівняння властивостей 3D друківаних матеріалів із властивостями відомих матеріалів (плексигласом та кістковим матеріалом).

Інформація про деформацію матеріалів 3D друку різного заповнення актуальна в медицині при створенні та заміні елементів частин кісткових тканин.

Предмет дослідження – зразки ABS пластику різного заповнення. Для проведення експериментальних досліджень були виготовлені зразки з 90%, 50% та 15% наповненням ABS пластику. Вони були надруковані на 3D принтері за технологією пошарового нарощування матеріалу.

Роботи проводились у співпраці з дослідниками навчально-наукової лабораторії криогенної техніки фізико-математичного факультету Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Ідея про розрахунок властивостей матеріалу на основі його сітчастої структури є в [1], проте автори цієї роботи застосовують спочатку спрощені моделі балкової структури.

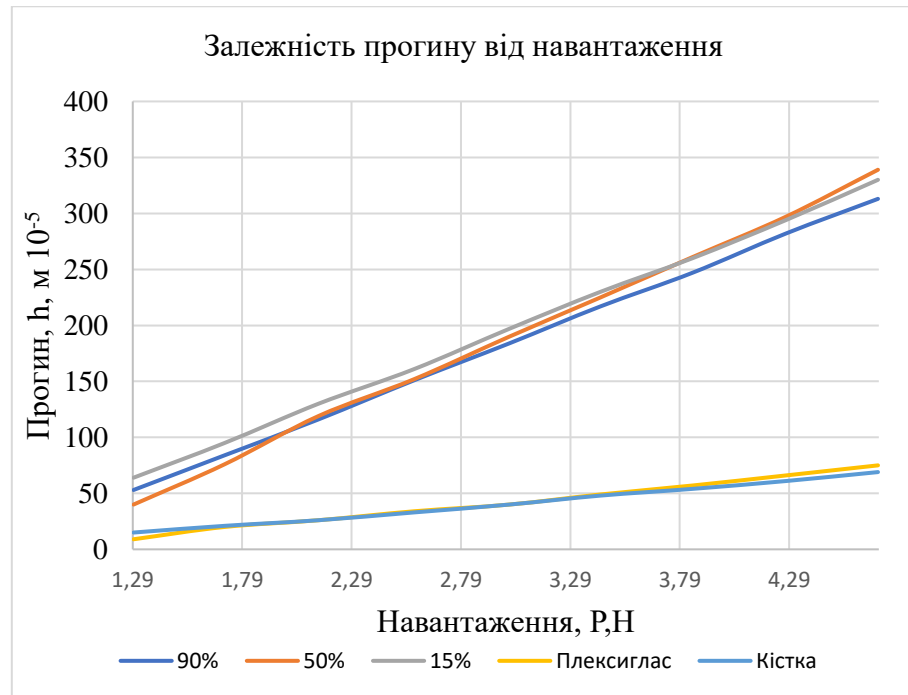
Вибрана нами модель структури матеріалу нагадує загальний вигляд кістки людини. Така структура матеріалу була запропонована для моделювання О.Фадєєвим [2].

Прийом спрощення розрахунків, який використовується в роботі, заснований на заміні «повноцінної» структури матеріалу на його гомогенну версію, яка має властивості матеріалу, що моделюється (так званий сурогатний матеріал). Зазначений підхід розглядається в [3].

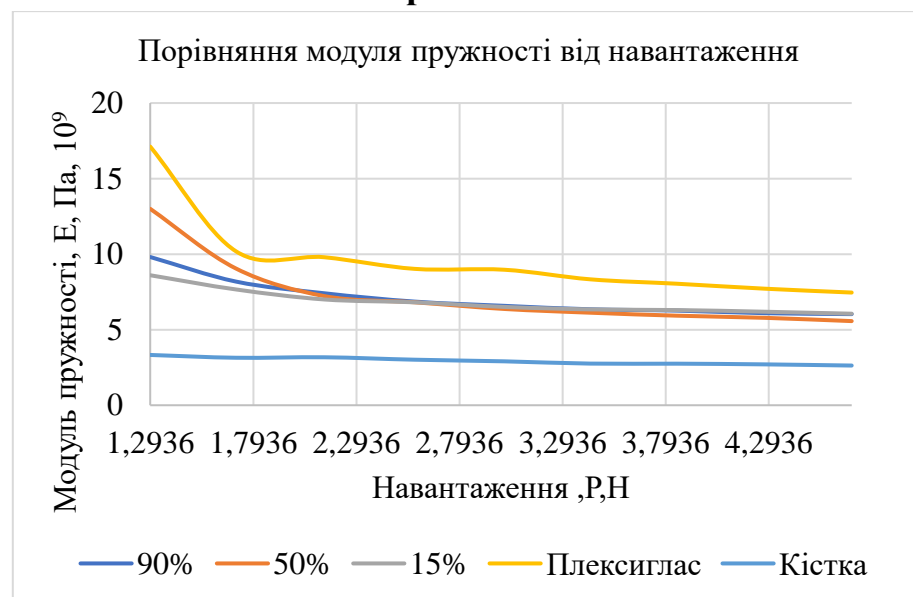
У відповідності до [4] розрахунок стріли прогину  $h$  та модуля пружності  $E$  зразків відбувався за формулами:

$$h = \frac{4 P \cdot L^3}{b \cdot a^3 \cdot E} ; \quad E = \frac{4 L^3 P}{b \cdot a^3 \cdot h}.$$

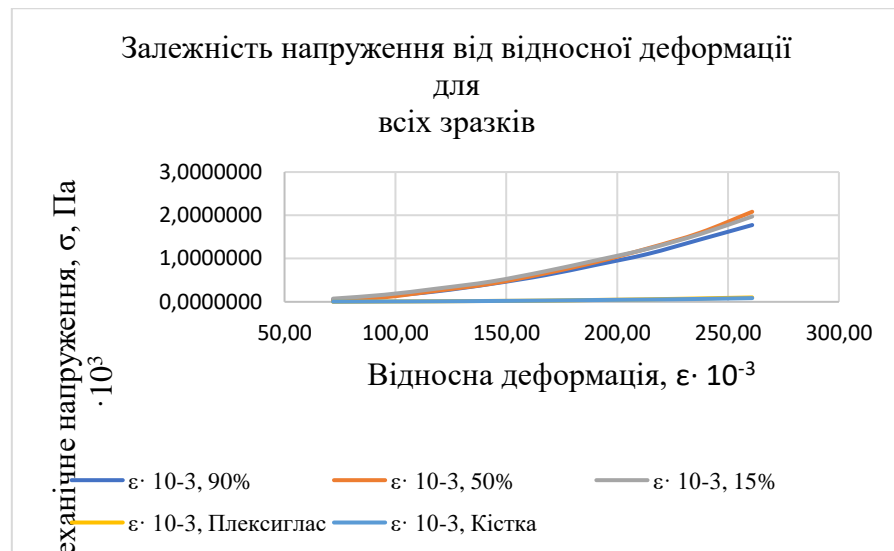
Для зручності аналізу результати експериментів та данні розрахунків представили у вигляді графіків.



**Рис.1. Порівняння прогину від навантаження для різних матеріалів.**



**Рис.2. Порівняння модуля пружності від навантаження для різних матеріалів.**



**Рис.3. Порівняння залежності механічного напруження  $\sigma$  від відносної деформації  $\epsilon$  для різних матеріалів.**

Аналіз отриманих результатів дає можливість зробити наступні висновки:

1. Для всіх зразків спостерігається лінійне збільшення прогину при збільшенні навантаження (рис.1).
2. Всі друковані зразки показують схожу картину опору деформації.
3. Руйнування 3D друкованих матеріалів відбувається фактично при однаковому навантаженні, як і для умовного пластику, що вказує на близькі значення модуля Юнга для цих моделей. Найкраще співпадіння розрахункового модуля Юнга з табличним [5] спостерігається для пластику з 90% заповненням.
4. Експериментальні данні модуля Юнга дещо різняться (рис.2), що може бути пов'язано з впливом густини сітчастої структури друкованих зразків.
5. Нелінійна залежність механічного напруження від відносної деформації (рис.3) характерна для деформацій з безповоротними змінами в структурі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Dong G., Tang Y., Zhao Y. A Survey of Modeling of Lattice Structures Fabricated by Additive Manufacturing // Journal of Mechanical Design. – 2017. – Т.139. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi:10.1115/1.4037305>
2. Фадєєв О.І. Комп'ютерне моделювання механічних властивостей стегнової кістки в нормі та при патологічних змінах кісткової тканини. ГБУЗ, 2020
3. Samarkin A. I., Samarkina E. I., Mikushev V. M., Plohov I. V. Simulation of the strength properties of lattice structures, produced by the method of three-

dimensional printing // AIP Conference Proceedings. – 2019. – Т. 2188, № 1. – С.104

4. Якуніна Н.О., Дімарова О.В. Дослідження пружних властивостей твердих тіл та біологічних об'єктів. Лабораторний практикум, – К. : Вид-во «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021. – 15 с.

5. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.polymerbranch.com/catalogp/view/8/452.html>