

## § 24. ДЕФОРМАЦІЯ ТІЛ. ВИДИ ДЕФОРМАЦІЇ

Ви вже знаєте: якщо на тіло діє сила, то вона надає цьому тілу прискорення. Але є ще один наслідок дії на тіло сили — **деформація**. Про те, що таке деформація, за яких умов вона виникає, які існують види деформації та коли тіла їх зазнають, йтиметься в цьому параграфі.

### Що таке деформація

Якщо на пружину поставити тягар, то під його дією пружина стиснеться — її довжина зменшиться; якщо пом'яти в руці шматочок пластиліну, то зміниться його форма; якщо натягти тятиву лука, то одночасно зміняться її розміри та форма.

Зміну форми або розмірів тіла називають **деформацією**.

Причина виникнення деформації полягає в тому, що під дією сил, прикладених до тіла, його різні частини рухаються по-різному й у результаті частини тіла зміщуються одна відносно одної. За характером зміщення частин тіла одна відносно одної розрізняють деформації *стиснення, розтягнення, зсуву, вигину, кручення*. Для описання різних видів деформацій скористаємося *механічною моделлю твердого тіла* (рис. 24.1).

Візьмемо механічну модель твердого тіла (рис. 24.2, а) і спочатку притиснемо її зверху рукою. Під дією руки верхні пластини почнуть переміщуватися вниз, нижні ж залишаться практично нерухожими; у результаті модель змінить свої розміри — деформується (рис. 24.2, б). Приблизно так само при стисканні твердого тіла зміщуються в напрямку дії сили шари його молекул, у результаті чого розміри тіла зменшуються — тіло деформується. Таку деформацію називають *деформацією стиснення* — її зазнають стовпи, ніжки столів і стільців, фундаменти будинків і т. д.

Якщо ж тіло розтягувати, то під дією руки шари молекул розійдуться і тіло знову змінить свої розміри (рис. 24.2, в). Таку деформацію називають *деформацією розтягнення* — її зазнають троси, канати, ланцюги в піднімальних пристроях, стяжки між вагонами тощо.

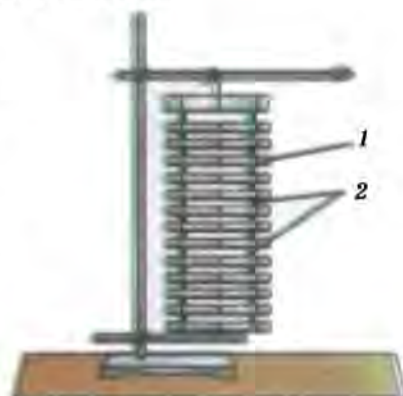


Рис. 24.1. Механічна модель твердого тіла: 1 — паралельні пластини, що імітують шари молекул у твердому тілі; 2 — пружини, що з'єднують пластинки й імітують взаємодію між молекулами

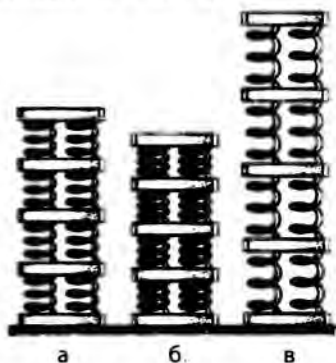
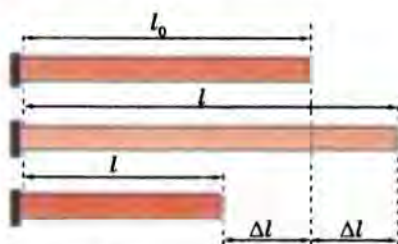
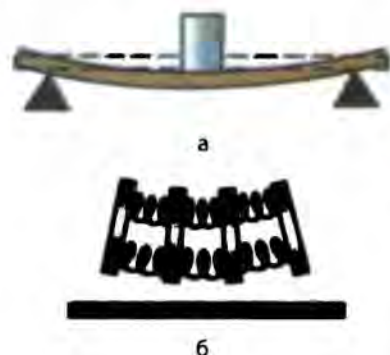


Рис. 24.2. Демонстрація деформації стиснення (б) і розтягнення (в) за допомогою механічної моделі твердого тіла



**Рис. 24.3.** Деформації стиснення та розтягнення стрижня:  $l_0$  — початкова довжина стрижня;  $l$  — довжина деформованого стрижня;  $\Delta l$  — видовження стрижня; у разі деформації розтягнення  $\Delta l > 0$ , у разі деформації стиснення  $\Delta l < 0$



**Рис. 24.4.** Деформація вигину: а — під дією тягаря лінійка змінює свою форму — деформується; б — демонстрація деформації вигину за допомогою механічної моделі твердого тіла



**Рис. 24.5.** Рама велосипеда зроблена з тонких порожнистих металевих трубок, завдяки чому велосипед є досить легким, залишаючись при цьому міцним

Деформації розтягнення та стиснення характеризуються фізичними величинами *видовження* та *відносне видовження*.

**Видовження  $\Delta l$**  — це фізична величина, яка дорівнює зміні довжини тіла при деформації розтягнення або стиснення:

$$\Delta l = l - l_0,$$

де  $l$  — довжина деформованого тіла;  $l_0$  — початкова довжина тіла (рис. 24.3).

**Відносне видовження  $\epsilon$**  — це фізична величина, яка дорівнює відношенню видовження  $\Delta l$  до початкової довжини тіла  $l_0$ :

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}, \text{ або } \epsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \cdot 100\%.$$

## 2 Які ще існують види деформацій

Якщо покласти лінійку на опори й на середину лінійки поставити тягар (рис. 24.4, а), то під його дією середні частини лінійки зсунуться вниз, а частини, розміщені на опорах, залишаться на місці. У результаті лінійка *прогнеться* — деформується. У цьому випадку маємо справу з *деформацією вигину* (рис. 24.4, б).

Зверніть увагу: *деформація вигину* — це водночас *деформація розтягнення та стиснення*. Справді, на опуклому боці тіла відстань між шарами молекул збільшується, тобто ця частина тіла зазнає деформації розтягнення. На ввігнутому боці тіла відстань між шарами молекул зменшується — ця частина тіла зазнає деформації стиснення. Середні шари не зазнають ані розтягнення, ані стиснення, а отже, не впливають на міцність конструкції. Саме тому зазвичай їх видаляють, замінюючи стрижні порожніми трубами (рис. 24.5, 24.6).

Поставивши тверде тіло вертикально, його нижню частину закріпимо, а верхню спробуємо зрушити рукою, діючи в горизонтальному напрямку (рис. 24.7, а). Шари молекул *зсунуться* один відносно одного, а саме тіло змінить свою форму — відбудеться *деформація зсуву*. Деформації зсуву зазнають,



наприклад, цвяхи та болти, які скріплюють частини різних конструкцій; тканина, яку розрізають ножицями.

Якщо повертати верхню частину тіла, залишаючи нижню нерухомою, то зсув шарів молекул відбуватиметься неоднаково — кожний шар буде *повертатися* на певний кут відносно іншого шару (рис. 24.7, б). Таку деформацію називають *деформацією кручення* — її зазнають вали всіх машин, гвинти, ключі, викрутки тощо.



**Рис. 24.6.** Природа «наділила» людину й тварин трубчастими кістками кінцівок, зробила трубчастими стебла злаків, поєднуючи в такий спосіб економію «матеріалу» з міцністю «конструкцій»

### 3 Пружні та непружні деформації

Візьміть ластик і стисніть його пальцями — ластик зігнеться. Однак якщо припинити стиснення (усунути дію зовнішньої сили), ластик повністю відновить свою форму, тобто перестане бути деформованим.

Деформації, які повністю зникають після припинення дії на тіло зовнішніх сил, називають **пружними**.

Працюючи над скульптурою, майстер певним чином змінює форму глини. Після припинення роботи скульптура не відновлює своєї колишньої форми, тобто не стає знову грудкою глини. Важкий прес на монетному дворі деформує шматок металу — виходить монета. Після припинення дії преса монета залишається монетою — вона не відновлює своєї колишньої форми шматка металу. І глина, і метал «не пам'ятають» своєї форми до деформації та не відновлюють її.

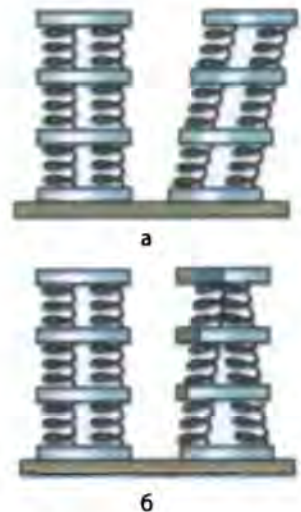
Деформації, які зберігаються після припинення дії на тіло зовнішніх сил, називають **пластичними**.

### 1 Підбиваємо підсумки

Деформацією називають зміну форми або розмірів тіла. Причина деформації полягає в тому, що під дією на тіло сил різні частини (частинки) тіла рухаються по-різному і в результаті зміщуються відносно одне одного. За характером зміщень розрізняють деформації розтягнення, стиснення, зсуву, вигину, кручення.

Деформації розтягнення та стиснення характеризуються фізичними величинами — видовженням:  $\Delta l = l - l_0$ ; відносним видовженням:  $\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$ .

Якщо відстань між одними молекулярними шарами збільшується, а між іншими зменшується, то це деформація вигину; якщо



**Рис. 24.7.** Демонстрація деформацій зсуву (а) та кручення (б) за допомогою механічної моделі твердого тіла