


Лекція №4
МЕХАНІЧНІ МОДЕЛІ В РЕОЛОГІЇ

Мета: засвоєння основних реологічних властивостей реальних тіл; вивчення механічних моделей, що відображають елементарні реологічні властивості харчових мас; засвоєння розрахункових формул.

План

4. Моделі, що відображають реологічні властивості харчових мас, – механічні моделі:

- 4.1. Тіло Гука.
- 4.2. Тіло Ньютона.
- 4.3. Тіло Сен-Венана-Кулона.
- 4.4. Тіло Ренкіна.
- 4.5. Тіло Пелега.

 **Ключові терміни та поняття:** тіло Гука, тіло Ньютона, тіло Сен-Венана-Кулона, тіло Ренкіна, тіло Пелега.

4. Моделі, що відображають реологічні властивості харчових мас, – механічні моделі

У реології різні матеріали представлені механічними моделями, що складаються з простих ідеалізованих тіл.

Механічні моделі дозволяють отримати уявлення, як поводить ся той чи інший матеріал під дією навантаження.

За механічними моделями складають математичні рівняння залежності різних параметрів:

- дотичних (τ) і нормальних напружень (σ);
- кутових (γ) і лінійних (ε) деформацій;
- швидкостей зміни кутових ($\dot{\gamma}$) і лінійних деформацій ($\dot{\varepsilon}$);
- часу (t).

Залежності параметрів між собою показують на графіках.

При складанні механічних моделей беруть до уваги той факт, що деформація складного тіла є результатом накладання деформацій елементарних механічних моделей ідеалізованих тіл, які відображають основні реологічні властивості.

До **основних реологічних властивостей** реальних тіл належать: в'язкість, пружність, пластичність.

4.1. Тіло Гука

Механічною моделлю ідеально пружного твердого тіла є пружина – тіло Гука (рис. 5).

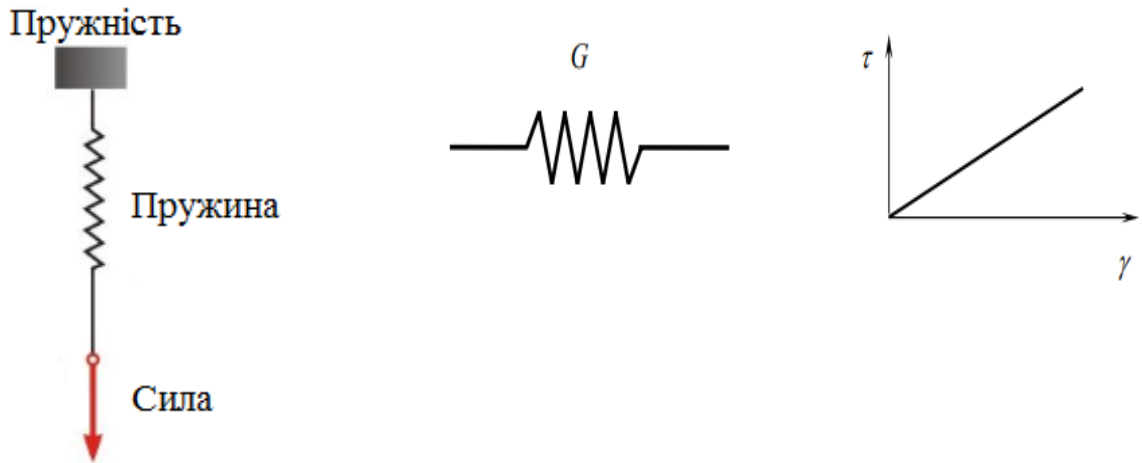


Рисунок 5 – Механічна модель ідеально пружного твердого тіла Гука

Відповідною математичною моделлю є реологічне рівняння гуківського твердого тіла для простого зсуву. Розраховують за формулою:

$$\tau = \frac{G}{\gamma} \quad (6)$$

де τ – напруження зсуву;
 G – модуль зсуву;
 γ – кутова деформація.

Реологічною константою є модуль зсуву G .

Напруження зсуву (τ), що виникає в цьому тілі, прямо пропорційне деформації.

Для розтягнення-стиснення нормальне напруження розраховують за формулою:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (7)$$

де E – модуль пружності;
 ε – лінійна деформація.

4.2. Тіло Ньютона

Механічною моделлю ідеально в'язкої рідини є гідравлічний поршень – тіло Ньютона (рис. 6).

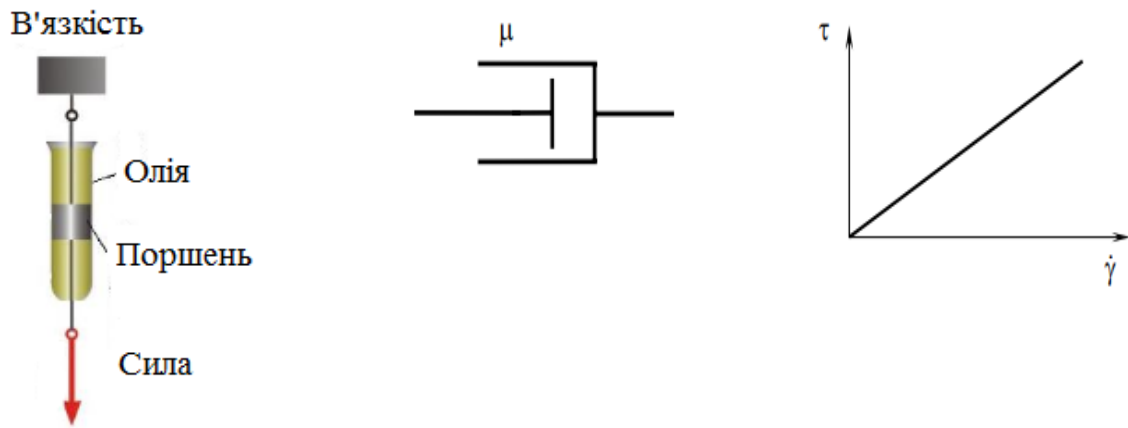


Рисунок 6 – Механічна модель ідеально в'язкого тіла Ньютона

Відповідною математичною моделлю є реологічне рівняння стану ньютонівського тіла для простого зсуву. Розраховують за формулою:

$$\tau = \mu \cdot \dot{\gamma} \quad (8)$$

де τ – напруження зсуву;

μ – в'язкість (Па · с);

$\dot{\gamma}$ – швидкість кутової деформації.

Реологічною константою є в'язкість μ .

Напруження зсуву τ , яке виникає в ідеально в'язкому тілі, прямо пропорційне швидкості кутової деформації.

4.3. Тіло Сен-Венана-Кулона

Механічною моделлю ідеально пластичного тіла є пара тертя – тіло Сен-Венана-Кулона (рис. 7).

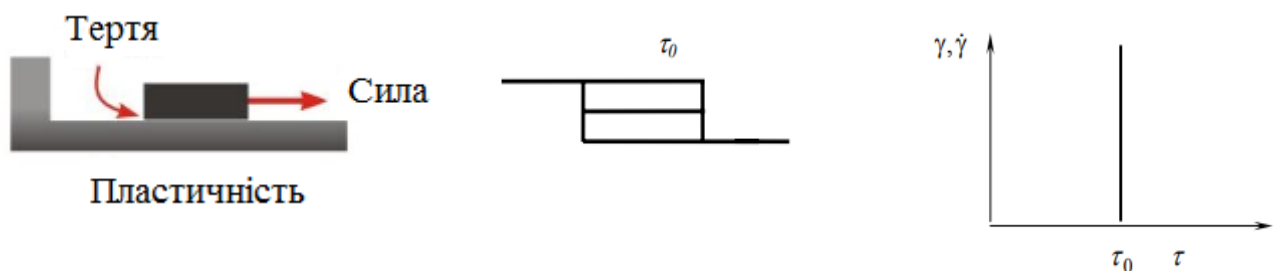


Рисунок 7 – Механічна модель ідеально пластичного тіла Сен-Венана-Кулона

Тіло Сен-Венана-Кулона є непіддатливим ($\varepsilon = 0$; $\dot{\varepsilon} = 0$; $\gamma = 0$; $\dot{\gamma} = 0$) при навантаженні, меншому від межі плинності ($\sigma < \Theta_0$ або $\tau < \tau_0$), а після перевищення ($\sigma \geq \Theta_0$ або $\tau \geq \tau_0$) воно необмежено деформується ($\varepsilon \rightarrow \infty$; $\dot{\varepsilon} \rightarrow \infty$;

$\gamma \rightarrow \infty; \dot{\gamma} \rightarrow \infty$), при цьому в тілі виникають напруження, що дорівнюють межі плинності ($\sigma = \Theta_0; \tau = \tau_0$).

Межа плинності τ_0 є реологічною константою елемента пластичності.

4.4. Тіло Ренкіна

Механічною моделлю твердого тіла є пара зчеплених пластин – тіло Ренкіна (рис. 8).

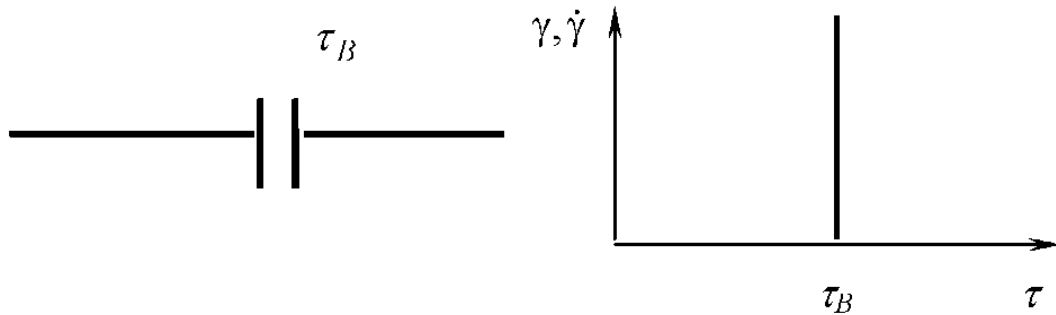


Рисунок 8 – Механічна модель твердого тіла Ренкіна

Реологічною константою є межа міцності τ_B або σ_B . Якщо при навантаженні досягти межі міцності ($\tau = \tau_B$), зчеплені пластини необоротно роз'єднуються ($\gamma \rightarrow \infty; \dot{\gamma} \rightarrow \infty$).

При навантаженні, меншому від межі міцності ($\tau < \tau_B$), тіло є невіддатливим ($\gamma = 0; \dot{\gamma} = 0$).

5.5 Тіло Пелега

Механічна модель твердого тіла враховує необоротну миттєву деформацію – тіло Пелега (рис. 9).



Рисунок 9 – Механічна модель твердого тіла Пелега

При навантаженні тіло Пелега спочатку деформується в межах $0 \leq \gamma \leq \gamma_k$, а після досягнення контакту поводить себе як тверде тіло.

? Контрольні питання

1. Які параметри враховують при складанні математичних реологічних рівнянь?
2. Перерахуйте основні реологічні властивості реальних тіл.

3. Що є механічною моделлю ідеально пружного твердого тіла?
4. Як позначається модуль зсуву?
5. Що є механічною моделлю ідеально в'язкого тіла?
6. Що є механічною моделлю ідеально пластичного тіла?
7. Що є механічною моделлю твердого тіла?
8. Охарактеризуйте механічну модель тіла Пелега.

Практичне завдання

1. Змоделюйте механічні моделі тіла Гука, тіла Ньютона, тіла Сен-Венана-Кулона, тіла Ренкіна, тіла Пелега для харчових матеріалів.