

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"**

**ПРАКТИКУМ З ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ "НОВІ МАТЕРІАЛИ"**

Частина II

Київ, НТУУ "КПІ", 2002 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

ПРАКТИКУМ З ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ "НОВІ МАТЕРІАЛИ"

Частина II

"В'язкопружні властивості
полімерних та композиційних матеріалів
при тривалому навантаженні"

Для студентів спеціальності
"Динаміка та міцність машин"

Затверджено
на засіданні кафедри динаміки,
міцності машин та опору матеріалів.

Київ, НТУУ "КПІ", 2002 р.

Шидловський М.С., Шпак Д.Ю..Практикум з лабораторних робіт з дисципліни "Нові матеріали". Частина II. " В'язкопружні властивості полімерних та композиційних матеріалів при тривалому навантаженні ". Для студентів спеціальності "Динаміка та міцність машин". - К.: НТУУ "КПІ", 2002. - 44с.

Навчальне видання

Практикум з лабораторних робіт з дисципліни
"Нові матеріали"

Частина II.

"В'язкопружні властивості полімерних та композиційних матеріалів
при тривалому навантаженні"

Для студентів спеціальності "Динаміка та міцність
машин"

Відповідальний редактор

М.І. Бобир

Рецензенти:

А.П. Грабовський

В.П. Ламашевський

Редактор

Л.Ю. Болбух

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.

Розвиток різних галузей сучасної техніки вимагає застосування нових конструкційних полімерних матеріалів і композитів на їх основі. Корозійна стійкість, невелика вага, висока питома міцність таких матеріалів досить часто роблять їх незамінними при проектуванні різноманітних конструкцій і сприяють зменшенню матеріаломісткості виробів з них.

В зв'язку з цим спеціалісти в області міцності повинні вміти застосовувати сучасні методи випробувань для визначення основних механічних характеристик зазначених матеріалів та методи обробки експериментальних результатів.

В лабораторних роботах з дисципліни "Нові матеріали" (частина II) визначаються основні в'язкопружні та реологічні характеристики полімерних та композиційних матеріалів. В більшості робіт враховується температурний фактор.

Протокол випробувань складається студентами індивідуально відповідно до діючих стандартів. Він оформлюється на аркушах паперу формату А4 (210мм x 297мм). Схеми та графіки виконуються на міліметровому папері того ж формату. До протоколів лабораторних робіт, виконаних на ЕОМ, додаються програми й результати розрахунків (роздруки). Всі фізичні величини, що зустрічаються в роботі, повинні бути виражені в міжнародній системі одиниць СІ.

У кожному протоколі обов'язково повинні бути відображені такі відомості:

1. Назва роботи.
2. Мета роботи.
3. Прилади та обладнання, що використовуються, режими випробування (швидкість навантаження, температура, час випробування та ін.)
4. Конкретна назва випробуваного матеріалу (або матеріалів), шифр або марка матеріалу, тип і розміри зразків.
5. Стислий опис методики проведення випробувань.
6. Таблиці із заголовками, в яких подаються виміряні або обчислені величини та їх розмірності.
7. Графіки із зазначенням на координатних осях величин, що відбиваються, та їх розмірностей. Під кожним графіком повинен бути пояснюючий підпис (назва матеріалів, стислий опис досліджуваних процесів, умови випробувань та ін.).
8. Описання методів розрахунку, формули та результати розрахунків. Остаточні результати підкреслити.
9. Стислі відомості про випробувані матеріали:
клас матеріалу (лінійний, сітчастий, наповнений тощо);

фазовий стан (кристалічний, аморфний, частково-кристалічний);
фізичний стан (склоподібний, високоеластичний та ін.);
галузі застосування;
методи отримання, режими обробки;
довідкові дані (границя міцності, максимальне видовження, модуль пружності, ударна в'язкість, температурні характеристики, густина, твердість та ін.).

10. Висновки по проведеній роботі.

1. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО В'ЯЗКОПРУЖНУ ПОВЕДІНКУ ПОЛІМЕРНИХ І КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ДОВГОЧАСНОМУ НАВАНТАЖЕННІ В РОБОЧИХ ДІАПАЗОНАХ ТЕМПЕРАТУР

1.1 Складові частини загальної деформації

Повна деформація полімеру складається з таких видів деформації:

миттєвопружної $\epsilon_{\text{ГР}}$, що поширюється в матеріалі зі швидкістю звуку.

Вона пов'язана зі зміною валентних зв'язків або кутів, тобто з малою зміною міжмолекулярних та міжатомних відстаней;

високоеластичної (в'язкопружної або затриманої) $\epsilon_{\text{ВЕ}}$, що є результатом зміни середньостатистичної зігнутості молекул (конформаційні зміни) під дією напружень. Внаслідок високої в'язкості конструкційних полімерів цей процес проходить відносно повільно. Також повільно відновлюються початкові розміри об'єкта після зняття навантаження. Розвиток $\epsilon_{\text{ВЕ}}$, що узгоджується з релаксацийним механізмом, залежить від тривалості навантаження та температури;

миттєвопластичної (незворотної) $\epsilon_{\text{ПЛ}}$, яка виникає одночасно з миттєвопружною;

незворотньо-в'язкої (типу течії) $\epsilon_{\text{Г}}$, яка має місце при значних напруженнях і тривалих навантаженнях. При температурах менших від температури переходу у в'язкотекучій стан вона пов'язана з механізмом високоеластичної деформації, оскільки напрям зміни конфігурації ланцюгових молекул під дією напружень може привести до розпаду флуктуаційної сітки та зміщенню центру ваги молекул, тобто до дійсної (незворотної) течії. Таким чином, повна деформація полімеру

$$\epsilon(t) = \epsilon_{\text{ГР}} + \epsilon_{\text{ВЕ}}(t) + \epsilon_{\text{ПЛ}} + \epsilon_{\text{Г}}(t)$$

де t - заданий час.

Переважає тієї чи іншої деформації залежить від умов (температури, величини та виду навантаження, часу, швидкості деформування) та стану матеріалу

(ступінь кристалічності, молекулярна орієнтація, термообробка, старіння та ін.).

Більшість конструкційних полімерів працюють в інтервалі температур, які відповідають скловидному стану (підстан вимушеної еластичності). В цьому підстані матеріал має високу питому міцність і пружність. Поряд з пружністю в засклованих полімерах виявляються помітні в'язкопружні деформації, які за абсолютними величинами можуть в кілька разів перевищувати миттевопружні. Менше значення в цьому підстані відіграють миттевопластичні й зовсім невелике - незворотні деформації типу течії, тобто (рис. 1)

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_{\text{ПР}} + \varepsilon_{\text{ВЕ}}(t).$$

1.2. Механічні моделі в'язкопружного тіла

Для побудови рівнянь, які описують в'язкопружну поведінку матеріалів, суттєву допомогу можуть надати механічні моделі, що складаються з пружних (у погляді пружин) та в'язких (демпфери) елементів. Діючі на вказані елементи сили моделюють напруження σ , деформації пружини моделюють пружні деформації $\varepsilon_{\text{ПР}}$, а деформації демпферів-в'язкі деформації $\varepsilon_{\text{ВЕ}}(t)$.

Зв'язок між напруженнями і деформаціями для пружного елемента описується законом Гука

$$\sigma = E_0 \cdot \varepsilon, \quad (1)$$

де E_0 - миттєвий модуль пружності.

Для в'язкого елемента виконується закон течії Ньютона

$$\sigma = \eta \cdot \frac{d\varepsilon(t)}{dt}, \quad (2)$$

де η - коефіцієнт в'язкості демпфера.

Ці елементи можна з'єднувати послідовно або паралельно. У першому випадку маємо так звану модель Максвелла. Диференційне рівняння, що відповідає

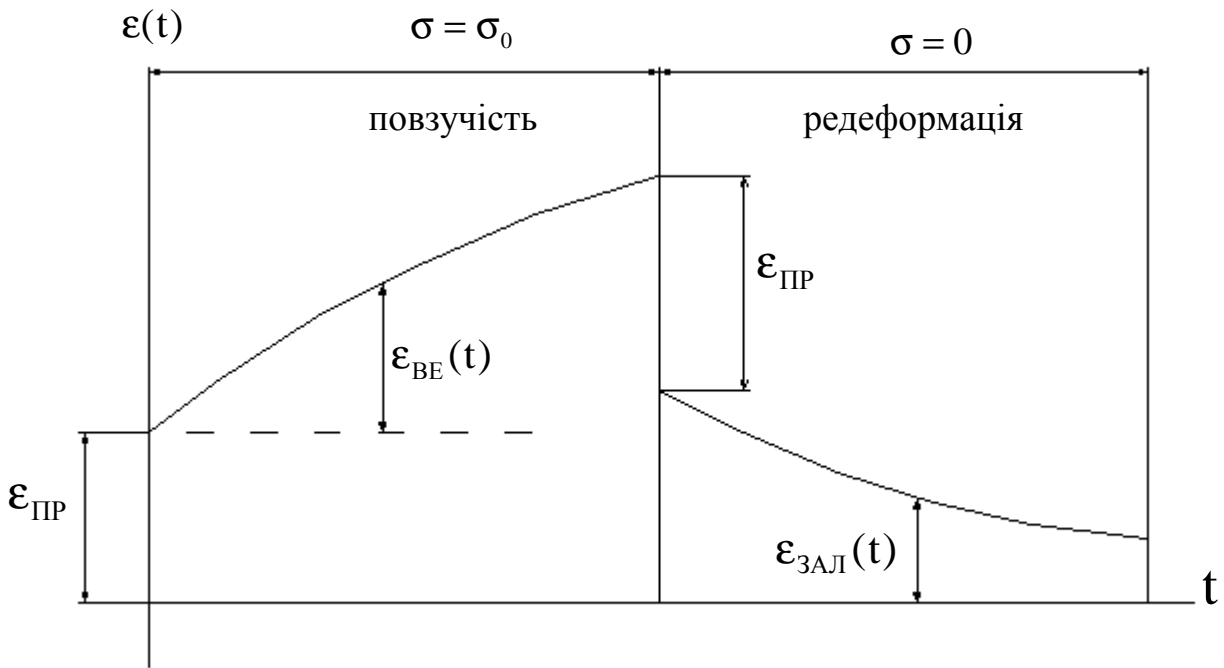


Рис 1. Типова крива повзучості та деформації відновлення розмірів зразка в'язкопружного матеріалу, що знаходиться в склоподібному стані, при розтягу:

σ_0 - постійно діюче напруження;

$\epsilon(t)$ - повна деформація зразка;

$\epsilon_{\text{ПР}}$ - пружна деформація;

$\epsilon_{\text{ВЕ}}(t)$ - високоеластична деформація;

$\epsilon_{\text{ЗАЛ}}(t)$ - залишкова (та, що не зникла в даний час t) деформація.

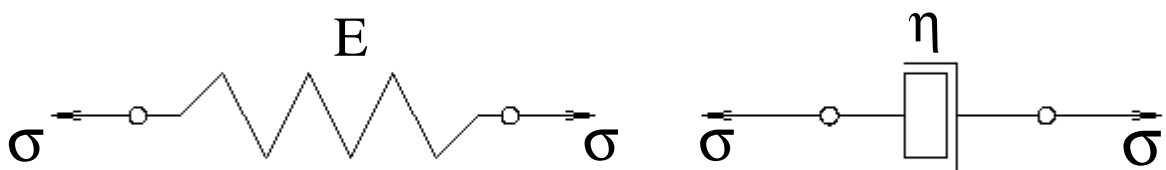


Рис 2. Пружній (E) та в'язкий (η) елементи

цій моделі, має вигляд:

$$\frac{d\varepsilon}{dt} = \frac{1}{E_0} \cdot \frac{d\sigma}{dt} + \frac{1}{\eta} \cdot \sigma \quad (3)$$

Інтегруючи рівняння (3) при $\varepsilon = \varepsilon_0 = \text{const}$ (випробування на релаксацію напружень при постійній деформації), маємо з урахуванням початкових умов (при $t=0$ $\sigma = \sigma_0$)

$$\sigma(t) = \sigma_0 \cdot \exp(-t / \tau), \quad (4)$$

де $\tau = \eta / E_0$ - час релаксації, тобто час, за який напруження зменшуються в e раз.

Це рівняння можна записати за аналогією із законом Гука в операторному вигляді:

$$\sigma(t) = \varepsilon_0 \cdot E(t), \quad (5)$$

де ε_0 - постійна деформація;

$E(t) = E_0 \cdot \exp(-t / \tau)$ - модуль релаксації (або функція релаксації).

Більш точний збіг з експериментальними даними можна отримати, використовуючи узагальнену модель Максвела (рис.3б), що являє собою набір пружних та в'язких елементів. Рівняння, що відповідає цій моделі, має вигляд:

$$\sigma(t) = \varepsilon_0 \cdot \sum_{i=1}^n E_i \cdot \exp(-t / \tau_i), \quad (6)$$

де E_i - миттєвий модуль пружності i -го елемента; $\tau_i = \eta_i / E_i$ - час релаксації i -го елемента.

Типова крива релаксації напружень при постійній

ERROR: undefined
OFFENDING COMMAND: F0S74YFFFFFFF8

STACK: