

ВИЗНАЧЕННЯ МОДУЛЯ ЗСУВУ ЗА ДОПОМОГОЮ КРУТИЛЬНОГО МАЯТНИКА

Володимир МАНЬКО, Євген ЗАДОРЖНИЙ

Запропонована лабораторна методика визначення модуля зсуву сталевго дроту за допомогою крутильного маятника.

A laboratory method of determination of the shear modulus for a steel wire with using a torsional pendulum is offered.

Аналіз лабораторних практикумів вищих навчальних закладів показав, що робіт по експериментальному вимірюванню пружних характеристик металів небагато, а то і зовсім немає. Зустрічаються роботи по знаходженню модуля Юнга E по деформації видовження дроту, а модуль зсуву G розраховується через коефіцієнт Пуассона μ за співвідношенням

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}. \quad (1)$$

Коефіцієнта Пуассона береться із довідників, значення якого у різних довідниках розрізняється досить суттєво. Більш коректним і методично вірним, на наш погляд, є пряме вимірювання модуля зсуву, особливо для спеціальностей матеріало- та металознавства. Адже саме цей параметр характеризує деформацію кручення, яка має місце у валах різноманітних механізмів, а також при деформації широко поширених пружин.

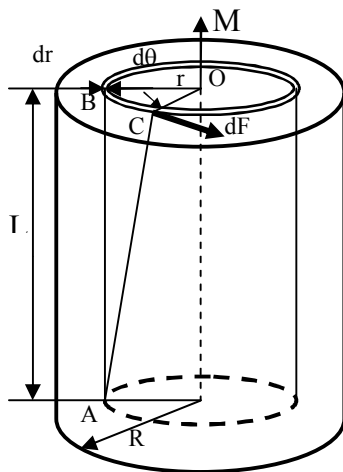


Рис. 1.

В основу методики покладене вимірювання періоду крутильних коливань масивних тіл, підвішених на циліндричному дроті, пружні властивості якого необхідно визначити. Розрахуємо теоретичне значення періоду таких крутильних коливань. Спочатку знайдемо момент M сил, необхідний для закручування на кут Θ дроту радіусом R і довжиною L . Для цього виділимо у сталевому дроті тонку трубку довжиною L , радіусом r і товщиною dr (рис. 1). Під дією дотичної зовнішньої сили dF , момент якої $dM = r \cdot dF$, відбувається закручування на кут $d\theta$, тобто твірна AB займає положення AC . Абсолютний зсув дорівнює довжині дуги $\cup BC = r \cdot d\theta$. За законом Гука для деформації зсуву абсолютний зсув прямо пропорційний сколюючій силі dF , відстані L між площинами і обернено пропорційний площі зсуву $dS = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr$ (площа кільця на рис.1). Математично це записується так

$$r \cdot d\theta = \frac{1}{G} \cdot \frac{dF \cdot L}{dS} = \frac{1}{G} \cdot \frac{dF \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr}, \quad (2)$$

Зайдемо крутильний момент сили пружності, яка за величиною дорівнює зовнішній силі dF , але протилежно направлена. Тому у виразі моменту стоїть знак "мінус".

$$dM = -r \cdot dF = -\frac{2\pi \cdot r^3 \cdot G \cdot dr \cdot d\theta}{L}. \quad (3)$$

Інтегрування по r в межах перерізу дроту від 0 до R та по куту закручування до Θ в межах від 0 до Θ , дає

$$M = -\frac{2\pi G}{L} \int_0^{\Theta} d\theta \int_0^R r^3 \cdot dr = -\frac{1}{2L} \pi \cdot G \cdot R^4 \cdot \theta. \quad (4)$$

Видно, що крутильний момент прямо пропорційний куту закручування Θ , а отже система буде здійснювати гармонічні крутильні коливання. Одержимо диференціальне рівняння цих коливань. Врахуємо, що для здійснення чистих крутильних коливань тіло підвішується не на одному дроті, а на двох натягнутих: верхньому L_1 та нижньому L_2 (рис.2), кожний із яких створює момент закручування (4). Запишемо основне рівняння динаміки обертового руху

$$\varepsilon = -\frac{M_1 + M_2}{J} = -\frac{\pi GR^4}{2J} \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \right) \cdot \theta, \quad (5)$$

де J – момент інерції, $\varepsilon = \frac{d^2\theta}{dt^2}$ – кутове прискорення.

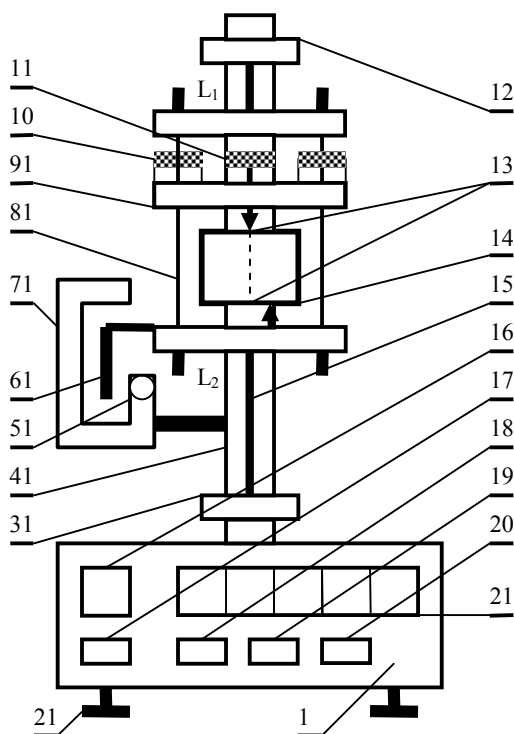


Рис.2.

здійснюється ніжками 2. В основі закріплена стійка 4, на якій фіксується нижній кронштейн 3 і верхній 12. На цих кронштейнах на двох частинах L_1 і L_2 сталюго дроту 15 підвішена рамка 8, яка має рухоми планку 9 з двома фіксуючими цанговими гайками 10. В рамці на двох центруючих штифтах 13 кріпиться тіло 14 і затискується гвинтом 11. До рамки прикріплений прапорець 6, який, перетинаючи світловий промінь фотоелектричного датчика 7, вмикає електронну систему підрахунку кількості коливань (індикатор 16) та секундомір (індикатор 21). За допомогою цього прапорця рамка фіксується у початковому положенні електромагнітом 5 при певному куту закручування. На передній панелі приладу знаходяться: вимикачі 17 – “СЕТЬ”, 18 – “СБРОС”, 19 – “ПУСК” і 20 – “СТОП”.

В якості підвішеного в рамці тіла 14 можна використати циліндр, стержень, куб, кулю і т.д. Ми використовували циліндри однакової маси з різними діаметрами D . Момент інерції J складається із моменту інерції рамки J_0 і моменту інерції циліндра $J_{\text{ц}} = \frac{1}{8} \cdot mD^2$,

$J = J_0 + \frac{1}{8} \cdot mD^2$. Отже період коливань

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2L}{\pi GR^4} J_0 + \frac{Lm}{4\pi GR^4} D^2}. \quad (8)$$

Порівнюючи одержане рівняння $\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{\pi GR^4}{2JL} \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \right) \cdot \theta = 0$ із загальним диференціальним рівнянням гармонічних незатухаючих коливань $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2 x = 0$, одержуємо вираз для циклічної частоти і періоду крутильних коливань

$$\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{\pi GR^4}{2J} \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \right)},$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2J}{\pi GR^4 \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} \right)}}, \text{ або}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{2J \cdot L}{\pi GR^4}}, \quad (6)$$

де L – приведена довжина $L = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2}$. (7)

Видно, що період коливань залежить від модуля зсуву G і моменту інерції підвішеного вантажу J , тобто від його форми, та довжин дроту L_1 і L_2 .

У нас експериментальна установка складається із основи 1, вирівнювання якої

Скористаємось методом лінеаризації графіка. Для цього піднесемо (8) до квадрату

$$T^2 = \frac{8\pi L}{GR^4} J_0 + \frac{\pi L m}{GR^4} \cdot D^2. \quad (9)$$

$$\text{Позначивши} \quad y = T^2, \quad x = D^2, \quad a = \frac{8\pi L}{GR^4} J_0, \quad b = \frac{\pi L m}{GR^4}, \quad (10)$$

одержуємо рівняння прямої лінії $y = a + bx$.

Таким чином, досліджуючи залежність $T^2 = f(D^2)$, по тангенсу кута нахилу цієї прямої можна знайти модуль зсуву G . Результати вимірювань приведені в таблиці 1 і на графіку рис.3.

Таблиця 1

№ п/п	$D, 10^{-3} \text{ м}$	$T, \text{ с}$	$T^2, \text{ с}^2$	$D^2, 10^{-4} \text{ м}^2$
1	40	2,1836	4,77	16
2	45	2,2499	5,06	20,25
3	52	2,3478	5,51	27,04
4	63,5	2,5347	6,42	40,32
5	90	2,9992	9,00	81

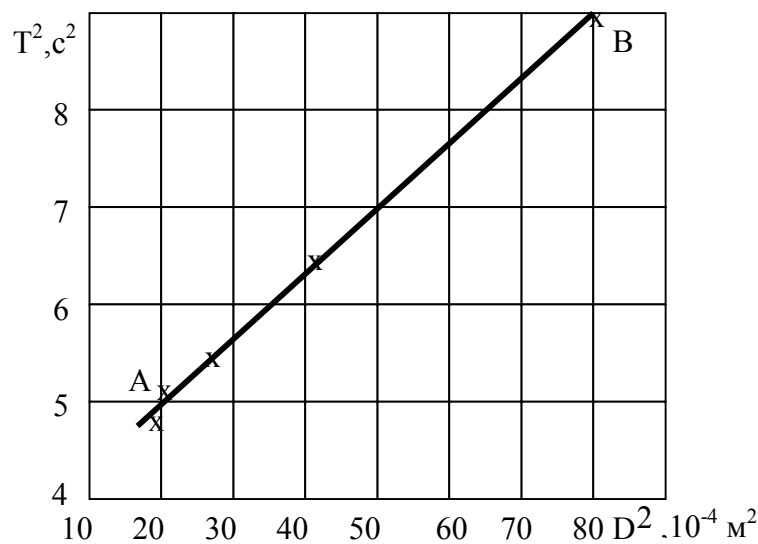


Рис.3.

Із виразів (7) та (10) одержуємо для модуля зсуву $G = \frac{\pi \cdot m}{\text{tg}\varphi \cdot R^4 \cdot \left(\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}\right)}$.

$$\text{Тут } \text{tg}\varphi = \frac{T_B^2 - T_A^2}{D_B^2 - D_A^2} = \frac{9 - 5}{(80 - 20) \cdot 10^{-4}} = 667 \frac{\text{с}^2}{\text{м}^2}, \quad m = 0,95 \text{ кг}, \quad R = 0,25 \text{ мм},$$

$$L_1 = 0,13 \text{ м}, \quad L_2 = 0,15 \text{ м}.$$

$$\text{Маємо } G = \frac{3,14 \cdot 0,95}{667 \cdot (0,25 \cdot 10^{-3})^4 \cdot \left(\frac{1}{0,13} + \frac{1}{0,15}\right)} = 79,8 \cdot 10^9 \text{ Па}.$$

Одержане значення узгоджується з табличним значенням для загартованої сталі 78 ГПа. При коефіцієнті Пуассона для такої сталі $\mu = 0,29$ модуль Юнга $E = 2(1 + \mu) \cdot \Pi = 205,6 \text{ ГПа}$, що також узгоджується з табличним значенням [1]. Отже, запропонована методика може бути використана для лабораторного знаходження модулю зсуву.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Золоторевский В. С., Механические свойства металлов, 2 изд. [Текст] /В.С.Золоторевский.– М., 1983.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРА

Манько Володимир Костянтинович – кандидат фіз.-мат. наук, доцент кафедри фізики Запорізького національного технічного університету.

Коло наукових інтересів: ефекти у напівпровідниках при рекомбінації на їх поверхні атомарних газів.

Задорожній Євгеній Віталійович – студент Запорізького національного університету.

Коло наукових інтересів: програмування.

МЕТОДИКА РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЕТЕНТІСНОГО ПІДХОДУ В ПРОЦЕСІ ВИВЧЕННЯ ФІЗИКИ

Вадим МЕНДЕРЕЦЬКИЙ, Сергій МУРАВСЬКИЙ

В статті розглянуто особливості використання компетентісного підходу в процесі вивчення фізики студентами вищих навчальних закладів та запропоновано вимоги, які висуваються до викладача. Наведено основні компетенції і шляхи формування компетентності майбутніх фахівців.

The article discusses the features using the competency approach in the study of physics students in higher education is proposed requirements imposed on teachers, are the main ways of creating competence and competence of future specialists.

Сьогодні весь світ, обговорюючи основні завдання освіти, говорить про ключові компетентності, які формуються як відповідь системи освіти на вимоги ринку праці. Це вимога суспільства – підготувати його громадян до сучасних умов життя. Вища школа повинна створювати умови для формування особистості, розвивати необхідні особистісні якості та компетенції, результати якого мають бути виражені не тільки в предметному форматі, але і мати характер універсальних умінь, що забезпечують загальнокультурну спрямованість, універсалізацію, диференціацію та інтеграцію знань і уявлень.

Велика кількість педагогів і вчених В. А. Болотов, Е. О. Іванова, І. А.Зимня, І. А.Зязюн, А. А. Орлов, Л. В. Сохань, О. С. Смірнова, В. В. Рубцов, М. А.Чошанов, А. В.Хуторський, В. Д. Шадриков та інші) розглядають якість вищої освіти з позиції компетентісного підходу.

Компетентісний підхід найбільш відповідає умовам ринкової економіки, оскільки допускає формування, поряд зі знаннями, вміннями і навичками, ще й ключових компетенцій, затребуваних ринком праці: навчально-пізнавальних, інформаційних, комунікативних, соціально-трудова, цивільно-політичних.

Результатом процесу навчання має стати сформованість мінімального рівня компетентності, якого досягнуть студенти на етапі завершення навчання у вищому навчальному закладі.

Виділяють чотири напрямки застосування компетентісного підходу у навчанні: для формування ключових компетенцій, узагальнених предметних умінь, прикладних предметних умінь, життєвих навичок.

Що дає компетентісний підхід?

- Узгодженість цілей навчання, поставлених педагогами, з власними цілями студентів, тому їх самостійність з кожним роком зростає.

- Підготовку студентів до свідомого і відповідального навчання в подальшому.
- Підготовку студентів до успіхів в майбутній професійній діяльності.
- Підвищує ступінь мотивації до процесу навчання.

Не в теорії, а на практиці забезпечує єдність навчального і виховного процесів, коли студенти розуміють значимість власного виховання і власної життєвої культури.

Компетентісний підхід висуває на перше місце не інформованість студента, а вміння вирішувати проблеми, що виникають в наступних ситуаціях:

- а) у пізнанні і поясненні явищ природи;
- б) в процесі використання сучасної техніки і технологій;
- в) у взаєминах між людьми, в етичних нормах, при оцінці власних вчинків;
- г) у практичному житті при виконанні соціальних ролей громадянина, члена родини, покупця, клієнта, глядача, городянина, виборця;
- д) у правових нормах та адміністративних структурах, в споживчих і естетичних оцінках;
- е) при оцінці орієнтуватися на ринку праці;