

НОВІ ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ З ОПОРУ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «ТЕХНОЛОГІЧНА ОСВІТА»

Андрій ТКАЧУК, Іван ТКАЧУК

У статті пропонується ознайомити студентів з темою «Геометричні характеристики поперечних перерізів стрижнів» на прикладі проведення розробленої авторами лабораторної роботи. Застосований підхід дає можливість майбутнім вчителям технологічної освіти при вивченні такого розділу технічної механіки, як опір матеріалів, повноцінно засвоювати матеріал та виробити

ефективну систему знань, умінь і навичок, необхідних при вивченні наступних розділів: теорії механізмів і машин, деталей машин.

The article suggests to acquaint students with the theme of "Geometric proper-ties of cross sections of rods" for example, developed by the authors of the laboratory work. This approach enables future teachers to technology education in the study of such a section of technical mechanics,

as a resistance of materials, more fully absorb the material and develop an effective system of knowledge and skills needed to study the following topics: theory of mechanisms and machinery, machine parts.

На сучасному етапі прискореного економічного розвитку різних галузей виробництва, збагачення духовної культури людства, стрімкого соціального і політичного життя України ставляться відповідні вимоги до всебічного розвитку особистості. Провідним завданням вищої школи в сучасних умовах є підготовка всебічно розвинених фахівців, здатних поповнювати й поглиблювати свої знання, підвищувати теоретичний і професійний рівень. Одним із пріоритетних напрямів розвитку освіти є оновлення її змісту та форм організації навчально-виховного процесу для формування творчих здібностей і навичок самостійного наукового пізнання, самоосвіти й самореалізації особистості, інтеграції науки, освіти та виробництва; оновлення навчального матеріалу.

Наукові основи технічної підготовки вчителів з технологічної освіти є базовою і системотвірною ланкою у формуванні професійних знань та умінь, що зумовлює внесення відповідних змін у зміст навчальних дисциплін техніко-технологічного циклу. Аналіз системи професійної підготовки вчителів технологічної освіти у вищих навчальних закладах (ВНЗ) свідчить, що рівень фахової підготовки майбутніх учителів є недостатнім у зв'язку з переорієнтацією методики трудового навчання на проектно-технологічну діяльність учнів [1-4]. З огляду на це, актуальним є питання обґрунтування та експериментальної перевірки ефективності структурних змін у навчальних програмах і посібниках з технічних дисциплін.

«Опір матеріалів» — розділ курсу «Технічна механіка», який сприяє

формуванню професійно-орієнтованих знань, умінь і навичок забезпечує підготовку студентів до оволодіння методичними знаннями та уміннями конструкторсько-технологічного характеру для опанування змістом при вивченні таких наступних розділів, як «Теорія механізмів і машин» та «Деталі машин» [1; 2]. Велику роль тут відіграє виконання лабораторних робіт з опору матеріалів. Лабораторні роботи дають змогу показати правильність розрахункових умов і теоретичних положень, а також закріпити набуті теоретичні знання; виробити навички самостійної дослідної роботи із складним устаткуванням і приладами.

Авторами зроблена спроба на прикладі проведення розроблених і нових лабораторних робіт ознайомити студентів з основними темами даного розділу та виробити ефективну систему знань, умінь і навичок, необхідних при вивченні наступних тем і розділів [2]. Однією з таких розробок є лабораторна робота «Визначення основних геометричних характеристик поперечних перерізів стрижнів різної форми», мета якої передбачає визначати основні геометричні характеристики поперечних перерізів стрижнів довільної форми.

Прилади та матеріали: набір частин стрижнів довільної форми, штангенциркуль, мікрометр.

До коротких теоретичних відомостей ми відносимо основні геометричні характеристики поперечних перерізів стрижнів, які визначають опір різним видам деформацій, а також основні поняття: площі поперечних перерізів, статичні моменти та моменти інерції площі.

Площа поперечного перерізу трактується як геометрична характеристика перерізу, яка

визначається інтегралом (сумою) від елементів перерізу:

$$F = \int_F dF \quad (1)$$

Статичним моментом площі F поперечного перерізу відносно осі $Oz(y)$ вважають геометричну характеристику перерізу, яка визначається інтегралом від добутку площ dF елементів перерізу на їх відстані $y(z)$ від осі $Oz(y)$:

$$S_z = \int_F y \cdot dF, \quad S_y = \int_F z \cdot dF \quad (2)$$

Зазначається також, що виділяють три типи моментів інерції площі поперечного перерізу стрижня: осьовий, полярний та відцентровий.

Осьовим (екваторіальним) моментом інерції площі поперечного перерізу стрижня є геометрична характеристика перерізу, яка визначається інтегралом (сумою) від добутків площ елементарних площадок на квадрати їх відстаней від розглядуваної осі, що лежить у площині перерізу.

Осьові моменти інерції площі поперечного перерізу стрижня відносно осей Oz та Oy (рис. 1) відповідно рівні:

$$J_z = \int_F y^2 \cdot dF, \quad J_y = \int_F z^2 \cdot dF \quad (3)$$

Полярним моментом інерції площі поперечного перерізу стрижня відносно полюса O (початку координат) є геометрична характеристика перерізу, яка визначається інтегралом (сумою) від добутків площ елементарних площадок на квадрати їх відстаней від полюса (рис. 1):

$$J_p = \int_F \rho^2 \cdot dF \quad (4)$$

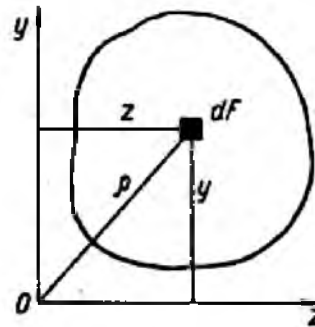


Рис. 1. Полярний момент інерції площі поперечного перерізу стрижня дорівнює сумі відповідних для даного перерізу осьових моментів інерції:

$$J_p = \int_F \rho^2 \cdot dF = \int_F (y^2 + z^2) \cdot dF = \int_F y^2 \cdot dF + \int_F z^2 \cdot dF = J_z + J_y \quad (5)$$

Відцентровим моментом інерції площі поперечного перерізу стрижня вважають геометричну характеристику перерізу, що визначається інтегралом (сумою) від добутків площ dF елементів перерізу на їх відстані від двох вза-ємно перпендикулярних осей Oz та Oy :

$$J_{zy} = \int_F z \cdot y \cdot dF \quad (6)$$

У ході роботи передбачається, що студент за допомогою штангенциркуля визначає всі розміри поперечного перерізу стрижня запропонованої викладачем форми, виконує креслення досліджуваного перерізу в заданому масштабі, вказуючи всі знайдені розміри.

Згодом він вибирає для перерізу довільну систему прямокутних координат zOy (вісь Oz направляє горизонтально, вісь Oy — вертикально), розбиває складний поперечний переріз на j простих частин ($j = I, II, \dots, N$), та визначає для кожної з частин координати

(z_{C_i}, y_{C_i}) центра ваги C_i і площу F_i ($i = 1, 2, \dots, n$). Після цього визначає координати (z_C, y_C) центра ваги C

всього складного поперечного перерізу за формулами:

$$z_C = \frac{S_y}{F} = \frac{F_1 \cdot z_{C_1} + F_2 \cdot z_{C_2} + \dots + F_i \cdot z_{C_i} + \dots + F_n \cdot z_{C_n}}{F_1 + F_2 + \dots + F_i + \dots + F_n};$$

$$y_C = \frac{S_z}{F} = \frac{F_1 \cdot y_{C_1} + F_2 \cdot y_{C_2} + \dots + F_i \cdot y_{C_i} + \dots + F_n \cdot y_{C_n}}{F_1 + F_2 + \dots + F_i + \dots + F_n}. \quad (7)$$

Результати обчислень заносяться в таблицю 1.

Таблиця 1.

Номер частини перерізу, J	Площа частини $F_i, \text{мм}^2$	Координати центра ваги частини в системі zOy , мм		$F_i \cdot z_{C_i}$	$F_i \cdot y_{C_i}$	$z_C, y_C, \text{мм}$
		z_i	y_i	мм^3		
<i>I</i>						—
<i>II</i>						—
...						—
<i>N</i>						—
Для всієї фігури		—	—			$z_C =$ $y_C =$

Через точку $C(z_C, y_C)$ проводять початкову систему центральних осей $z_0C y_0$ (вісь Cz_0 направляємо горизонтально, вісь Cy_0 — вертикально). Для визначення моментів інерції J_z, J_y, J_{zy} площі всього складного перерізу відносно осей Cz_0 і Cy_0 , знаходимо спочатку моменти інерції $J_{z_i}^j, J_{y_i}^j$ площі кожної з простих частин відносно їх власних центральних осей $C_i z_i$ і $C_i y_i$, проведених через їхні центри ваги $C_i(z_{C_i}, y_{C_i})$ паралельно системі центральних осей $z_0C y_0$. Осьові

моменти інерції $J_{z_i}^j, J_{y_i}^j$ площі кожної простої частини відносно власних центральних осей можуть бути розраховані при використанні однієї з формул з [6, 7]. Координати центра ваги C площі всього складного перерізу відносно власних центральних осей $z_i C_i y_i$ j -ї частини розраховуються по формулам: $b_i = z_{C_i} - z_C; a_i = y_{C_i} - y_C$. (8)

Моменти інерції J_z^j, J_y^j, J_{zy}^j кожної j -ї простої частини перерізу відносно початкових центральних осей $z_0C y_0$ знаходимо за формулами переходу до паралельних осей:

$$J_z^I = J_{z_i}^I + a_i^2 \cdot F_i; \quad J_y^I = J_{y_i}^I + b_i^2 \cdot F_i; \\ J_{zy}^I = J_{z_i y_i}^I + a_i \cdot b_i \cdot F_i = a_i \cdot b_i \cdot F_i. \quad (9)$$

Результати обчислень заносимо в таблицю 2 і таблицю 3.

Таблиця 2.

№ <i>j</i>	$F_i,$ $мм^2$	$a_i,$ $мм$	$b_i,$ $мм$	$a_i^2 \cdot F_i,$ $мм^4$	$b_i^2 \cdot F_i,$ $мм^4$	$a_i \cdot b_i \cdot F_i,$ $мм^4$
<i>I</i>						
<i>II</i>						
...						
<i>N</i>						

Таблиця 3.

№ <i>j</i>	Моменти інерції частини відносно					
	власних центральних осей,			центральных осей перерізу		
	$J_{z_i}^j, мм^4$	$J_{y_i}^j, мм^4$	$J_{z_i y_i}^j, мм^4$	$J_z^j,$ $мм^4$	$J_y^j,$ $мм^4$	$J_{zy}^j, мм^4$
<i>I</i>			0			
<i>II</i>			0			
...			0			
<i>N</i>			0			

Підсумовуючи результати таблиці 3, знаходимо моменти інерції площі всього складного перерізу відносно центральних осей $z_0 C y_0$:

$$J_z = J_z^I + J_z^{II} + \dots + J_z^j + \dots + J_z^N; \\ J_y = J_y^I + J_y^{II} + \dots + J_y^j + \dots + J_y^N; \quad (10) \\ J_{zy} = J_{zy}^I + J_{zy}^{II} + \dots + J_{zy}^j + \dots + J_{zy}^N.$$

Кут нахилу головних центральних осей u, v до осі Cz_0 визначаємо за формулою:

$$\alpha_0 = \frac{1}{2} \cdot \arctg \left(\frac{2 \cdot J_{zy}}{J_y - J_z} \right), \quad -\frac{\pi}{4} \leq \alpha_0 \leq \frac{\pi}{4}, \quad (11)$$

причому вісь, проведену під кутом α_0 (додатним чи від'ємним), позначаємо літерою u , а перпендикулярну до неї — літерою v .

Головні центральні моменти інерції J_u і J_v площі складного

перерізу визначаємо за формулами:

$$J_u = \frac{1}{2} \cdot \left(J_z + J_y \pm \sqrt{(J_y - J_z)^2 + 4 \cdot J_{zy}^2} \right); \quad (12)$$

$$J_v = \frac{1}{2} \cdot \left(J_z + J_y \mp \sqrt{(J_y - J_z)^2 + 4 \cdot J_{zy}^2} \right), \quad (13)$$

причому верхні знаки беремо при $J_z > J_y$, а нижні — при $J_z < J_y$.

Проводимо перевірку правильності розрахунків J_u і J_v :

$$J_u + J_v = J_z + J_y.$$

За формулами $i_u = \sqrt{\frac{J_u}{F}}$,

$i_v = \sqrt{\frac{J_v}{F}}$ знаходимо значення

головних центральних радіусів інерції перерізу та будуємо еліпс інерції з півосями, що дорівнюють головним радіусам інерції. Для цього вздовж осі

u по обидва боки відкладаємо відрізки i_v , а вздовж осі v — відрізки i_u . Одержаний еліпс інерції описується рівнянням:

$$\frac{u^2}{i_v^2} + \frac{v^2}{i_u^2} = 1. \quad (14)$$

Для графічної побудови вводимо в розгляд геометричну площину та відносимо її до прямокутної системи координат. По осі абсцис відкладаємо осьові моменти інерції $J_{oc}(J_z, J_y)$, а по осі ординат — відцентровий момент інерції $J_{oc}(J_{zy})$. У геометричній площині будуємо точки D_z та D_y , які відповідають моментам інерції J_z, J_y відносно осей Cz_0 та Cy_0 .

Абсцисами цих точок є осьові моменти інерції $OK_z = J_z$, $OK_y = J_y$, ординатами цих точок є відцентровий момент інерції J_{zy} , причому $K_z D_z = J_{zy}$, $K_y D_y = -J_{zy}$. Сполучивши точки D_z і D_y , матимемо центр C круга інерції. Із центра C описуємо коло радіусом

$$CD_z = CD_y = \sqrt{(CK_z)^2 + (K_z D_z)^2} = \sqrt{\left(\frac{J_z - J_y}{2}\right)^2 + J_{zy}^2},$$

яке перетинає

вісь абсцис у точках A та B , причому $CA = CB$.

Абсциси точок A і B — відрізки AO та OB — і є шуканими в графічному розв'язку головними центральними моментами інерції J_u, J_v :

$$OA = OK_y + K_y C + CA,$$

$$OB = OK_y + K_y C - CB.$$

Для визначення напрямку головних центральних осей, будуємо фокус круга інерції. Для цього з точки $D_z(D_y)$ проведемо лінію, паралельну осі $z_0(y_0)$, до перетину з кругом у фокусі M . Сполучивши фокус M з точками A і B круга, дістанемо напрям головних центральних осей u та v .

За результатами виконаної роботи студентами готують і здають звіт встановленої форми і структури.

Висновки. Таким чином, розробка нових лабораторних робіт при вивченні такого розділу технічної механіки, як опір матеріалів, дає можливість майбутнім вчителям технологічної освіти повноцінно засвоювати достатньо матеріал та виробити ефективну систему знань, умінь і навичок, досить необхідних і важливих для вивчення наступних розділів.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Опір матеріалів. Частина I: Курс лекцій. Навчальний посібник для студентів вищих педагогічних навчальних закладів спеціальності „Трудове навчання” / А. І. Ткачук. — Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. — 2009. — 268 с.
2. Опір матеріалів. Частина II: Лабораторні роботи. Навчальний посібник для студентів вищих педагогічних навчальних закладів спеціальності „Технологічна освіта” / А. І. Ткачук, В. В. Чубар. — Кіровоград: РВВ КДПУ ім. В. Винниченка. — 2009. — 132 с.
3. Програми вищих педагогічних закладів освіти: Технічна механіка (для студентів спеціальності 7.010103 “Педагогіка і методика середньої освіти. Трудове навчання” / Укл.: Ю.П. Колосветов, М.С. Корець, І.Г. Трегуб. — К.: УДПУ ім. М.П. Драгоманова, 1998. — 12 с.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Ткачук Андрій Іванович - доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін та методики трудового навчання фізико-математичного факультету Кіровоградського державного педагогічного університету імені Володимира Внниченка.

Ткачук Іван Юрійович - доцент, кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики та методики її викладання фізико-математичного факультету Кіровоградського державного педагогічного університету ім. В. Внниченка.

Наукові інтереси: організація дослідницької роботи студентів.