

30.12  
В 79

**ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ КОЛЕДЖ ВІЙСЬКОВО-ПОВІТРЯНИХ СИЛ**

**Л. С. ДУБОВИК**

**ЛАБОРАТОРНИЙ  
ПРАКТИКУМ З ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ**

**ВАСИЛЬКІВ — 2003**

30.12

Д. 79

**ВАСИЛЬКІВСЬКИЙ КОЛЕДЖ ВІСЬКОВО-ПОВІТРЯНИХ СИЛ**

**Л. С. ДУБОВИК**

**ЛАБОРАТОРНИЙ  
ПРАКТИКУМ З ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ**

**ВАСИЛЬКІВ — 2003**

Васильківський коледж ВПС

Л.С. ДУБОВИК

ЛАБОРАТОРНИЙ  
ПРАКТИКУМ З ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ

5898/105

Васильків • 2008

Зміст лабораторного практикума повністю відповідає діючій програмі курсу з Технічної механіки для підготовки за спеціальністю "Літаки і авіаційні двигуни" для першого та другого ступенів вищої освіти.

Лабораторний практикум складений старшим викладачем Дубовик Л.С.

Оформлення - Колесніков А.В.

Друкування - Березіна В.Г.

Виконання лабораторних робіт з технічної механіки дає можливість отримати навички контрольно-вимірвальної і експериментально-дослідної роботи, що дуже важливо для навчання на старших курсах, при роботі за фахом і подальшого підвищення кваліфікації, так як експериментальні дослідження мають велике практичне значення в процесі розробки і експлуатації сучасних авіаконструкцій.

Експерименти можуть виконуватись як під час льотних випробувань, так і в лабораторних умовах.

Тому виконання лабораторних робіт має за мету:

- отримати навички в проведенні нескладних експериментів навчального характеру, навчитися працювати з вимірвальним інструментом;
- глибше усвідомити фізичну сутність параметрів, які визначаються в лабораторній роботі;
- перевірити теоретичні висновки і формули на практиці;
- навчитися аналізувати отримані результати і робити висновки по роботі;
- отримати навички з грамотного і змістового оформлення звітів з лабораторних робіт, як технічного документу.

Перед виконанням лабораторної роботи під час самостійної роботи необхідно вивчати відповідний теоретичний матеріал і практикум до лабораторної роботи. При цьому особливу увагу слід звернути на такі питання:

- який параметр визначається в даній роботі?
- в яких одиницях вимірюється параметр, який досліджується, і інші величини, які визначаються в лабораторній роботі?

- який метод застосовується при проведенні експеримента?

Виконання лабораторної роботи рекомендується проводити в такій послідовності:

- ознайомитися з лабораторною установкою;
- ознайомитися з вимірвальним інструментом, визначити ціну поділки;
- привести лабораторну установку в робочий стан;
- провести експеримент і опрацювати отримані дані;
- оформити звіт з лабораторної роботи, підписати його у викладача і захистити лабораторну роботу.

Під час виконання лабораторних робіт необхідно:

- дотримуватися вказівок викладача по виконанню лабораторної роботи;
- дотримуватися правил з техніки безпеки;
- привести у порядок робоче місце після виконання лабораторної роботи.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

"Визначення центра тяжіння складної плоскої фігури."

I. Мета роботи:

Визначення центра тяжіння складної плоскої фігури двома способами:

- аналітичним;
- дослідним.

II. Обладнання робочого місця:

- складна плоска фігура;
- вимірвальний інструмент /штангенциркуль, лінійка/;
- висок;
- креслярські приладдя;
- мікрокалькулятор;
- звіт до лабораторної роботи.

III. Короткі теоретичні відомості.

Центром тяжіння тіла називається центр паралельних сил тяжіння всіх елементарних частинок тіла.

Координати центра тяжіння плоскої фігури обчислюються за формулами:

$$X_c = \frac{\sum A_i \cdot x_i}{\sum A_i};$$

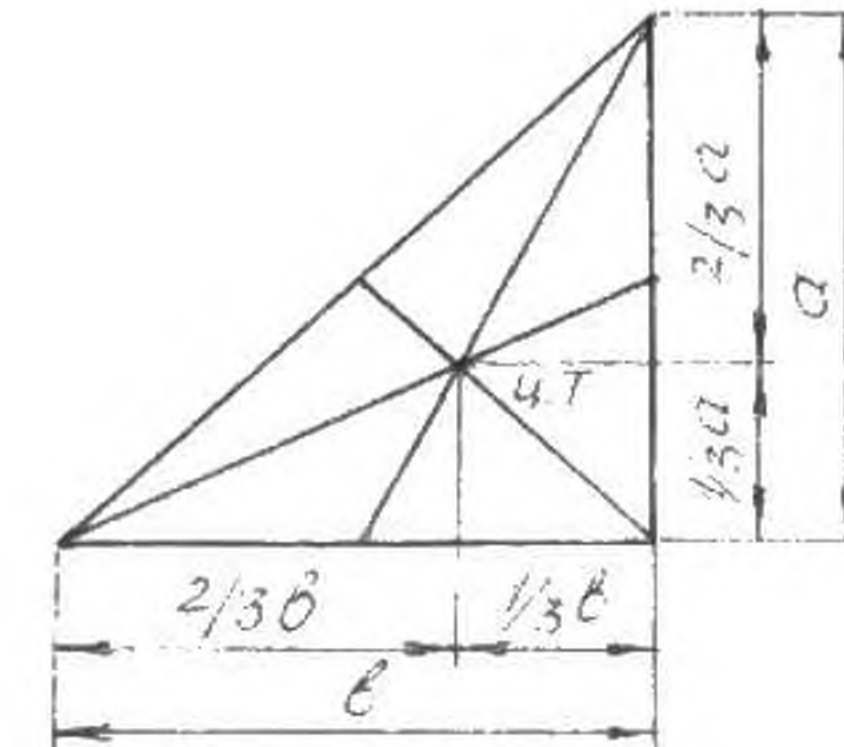
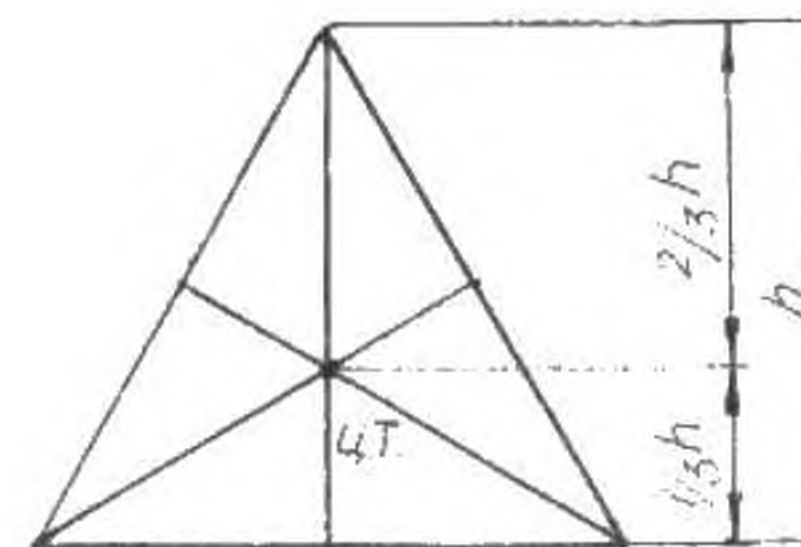
$$y_c = \frac{\sum A_i \cdot y_i}{\sum A_i}, \quad \text{де}$$

$A_i$  - площа окремих простих частин фігури,

$x_i, y_i$  - координати центрів тяжіння цих частин.

Якщо плоска фігура має отвори, площі отворів потрібно віднімати від загальної площі фігури. Центри тяжіння окремих частин фігури  $(x_i, y_i)$  визначаються в залежності від форми фігури.

Для прямокутника, квадрата, кола та інших симетричних фігур центр тяжіння лежить на перетині осей симетрії /або на перетині діагоналей/. Для трикутника центр тяжіння лежить на перетині медіан на відстані  $1/3$  висоти від основи трикутника.



IV. Порядок виконання роботи:

а/ Визначення ц.т. фігури аналітичним методом.

- 1/ Виконати в звіті до лабораторної роботи ескіз отриманої складної плоскої фігури.
- 2/ Розбити ескіз складної фігури на прості /прямокутник, квадрат, коло, трикутник і інші/ і позначити їх на ескізі цифрами I, II, III .....
- 3/ Обрати систему координат /провести осі X і Y через сторони фігури/.
- 4/ Визначити координати центрів тяжіння простих фігур і нанести усі розміри на ескізі.
- 5/ Визначити площі простих фігур і записати в звіті окремо для кожної фігури значення площі  $A_i$  і координат  $X_i$  і  $Y_i$
- 6/ Використавши формули

$$X_c = \frac{\sum A_i \cdot X_i}{\sum A_i} \quad ; \quad Y_c = \frac{\sum A_i \cdot Y_i}{\sum A_i} ,$$

визначити координати центра тяжіння фігури аналітичним методом.

б/ Визначення центра тяжіння дослідним методом.

- 1/ Вставити вісь з виском в одне із отворів, які виконані в вершинах фігури і підвісити фігуру на осі. Висок натягне нитку.
- 2/ Олівцем обвести на фігурі лінії уздовж нитки.
- 3/ Повторити так же кілька разів, застосовуючи решту отворів. Точка перетину ліній, проведених на фігурі, є центром тяжіння фігури.
- 4/ Заміряти координати точки перетину уздовж осей X і Y та записати їх у звіті.
- 5/ Зрівняти результати, отримані аналітичним і дослідним методами.
- 6/ Зробити висновок до лабораторної роботи.

Роботу виконав " " \_\_\_\_\_ 200\_\_р.  
 \_\_\_\_\_ /підпис/

Роботу перевірів " " \_\_\_\_\_ 200\_\_р.  
 \_\_\_\_\_ /підпис/

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

"Визначення моменту інерції тіла, яке обертається".

I. Мета роботи:

Визначення моменту інерції тіла складної геометричної форми дослідним методом - "методом коливання".

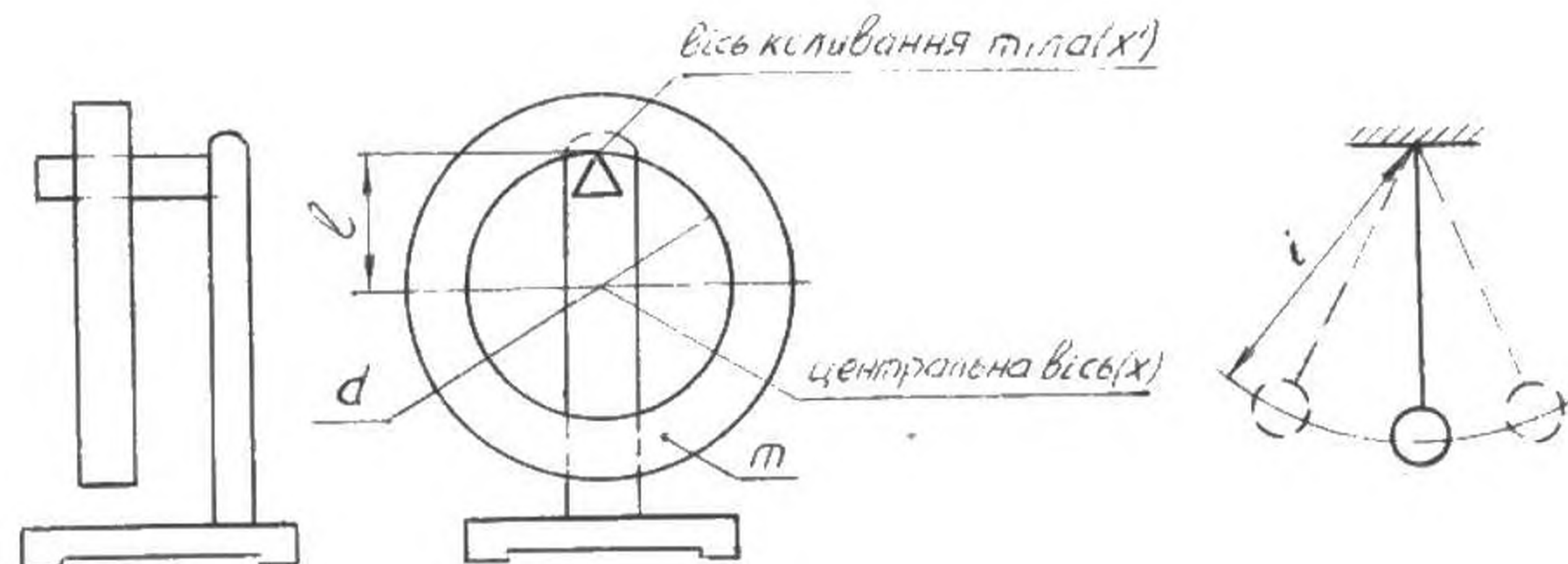
II. Обладнання робочого місця.

- 1/ Тіло складної конфігурації.
- 2/ Підставка для коливання тіла.
- 3/ Годинник, лінійка, штангенциркуль.
- 4/ Мікрокалькулятор.
- 5/ Звіт до лабораторної роботи.

III. Короткі теоретичні відомості.

Моменти інерції реальних тіл, які обертаються і використовуються в техніці, визначаються дослідним шляхом після виготовлення тіла.

В лабораторних умовах найбільш розповсюджений "метод коливання". Він полягає в тому, що тіло для випробування /наприклад, кільце масою "m"/ встановлюють на поховому підвісі і примушують його коливатися подібно маятнику.



Якщо взяти маятник з такою ж масою "m" як і у тіла, яке використовується, і, змінюючи його довжину "l" досягти того, щоб періоди коливань "T" у тіла і маятника були однакові - тоді можна було б сказати, що їх моменти інерції також однакові.

Момент інерції маятника визначається за формулою:

$$J = m \cdot l^2$$

Довжина маятника "l" називається "радіусом інерції тіла".

Радіус інерції тіла - це відстань від осі обертання, на яку потрібно розмістити всю масу тіла в одній точці /така маса називається точковою/, для того, щоб момент інерції цієї точкової маси дорівнював моменту інерції тіла, яке випробовується, відносно тієї ж осі. Тобто експеримент зводиться до визначення радіуса інерції тіла.

В теорії маятника одержана формула:

$$l = \frac{T}{2\pi} \sqrt{g \cdot l}$$

де [T] = [с] - період коливання тіла;

$$g = 9,81 \text{ м/с}^2$$

- прискорення вільного падіння;

$$[l] = [м]$$

- відстань між віссю коливання тіла "X'" і центральною віссю "X", яка проходить через центр тяжіння тіла;

$$[l] = [м]$$

- радіус інерції тіла.

Момент інерції тіла відносно осі коливання X':

$$J_{X'} = m \cdot l^2 \text{ [кг} \cdot \text{м}^2]$$

Але в більшості випадків в машинах і механізмах тіла обертаються навколо своєї центральної осі обертання "X", з якою співпадає і центр тяжіння тіла. Момент інерції такого тіла визначається за формулою:

$$J_X = J_{X'} - m \cdot l^2 \text{ [кг} \cdot \text{м}^2]$$

Цей момент інерції називається головним моментом інерції тіла.

IV. Порядок виконання роботи.

I. Виконати ескіз установки з деталями /див.рис.2а/.

На ескізі деталі нанести розміри d, l і масу m.

2. Підрахувати час 50 повних коливань і занести в таблицю.

Вимір	1-й	2-й	3-й	Середнє значення
Час	t <sub>1</sub> = ...	t <sub>2</sub> = ...	t <sub>3</sub> = ...	t <sub>ср.</sub> = $\frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$

3. Визначити період коливань:

$$T = \frac{t_{ср.}}{50}$$

4. Визначити радіус інерції відносно осі коливань "X'" за формулою:

$$l = \frac{T}{2\pi} \sqrt{g \cdot l}$$

5. Знайти момент інерції тіла відносно тієї ж осі:

$$J_{X'} = m \cdot l^2$$

6. Визначити головний момент інерції тіла:

$$J_X = J_{X'} - m \cdot l^2$$

Зробити висновок з лабораторної роботи.

Роботу виконав " " " 200 р.  
\_\_\_\_\_/підпис/

Роботу перевірів " " " 200 р.  
\_\_\_\_\_/підпис/

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

"Визначення модулю зсуву при крученні".

I. Мета роботи: знайти кут закручування при крученні стержня визначити модуль пружності матеріала при зсуві

II. Обладнання робочого місця.

- Установка для вимірювання кутів закручування при крученні;
- набір тягарів;
- штангенциркуль;
- лінійка.

III. Короткі теоретичні відомості.

Застосовувачи закон Гука, встановлено, що повний кут закручування круглого циліндра прямо пропорційний крутному моменту, довжині циліндра і обернено пропорційний жорсткості перерізу при крученні:

$$\varphi = \frac{M_k \cdot \ell}{G \cdot J_p}$$

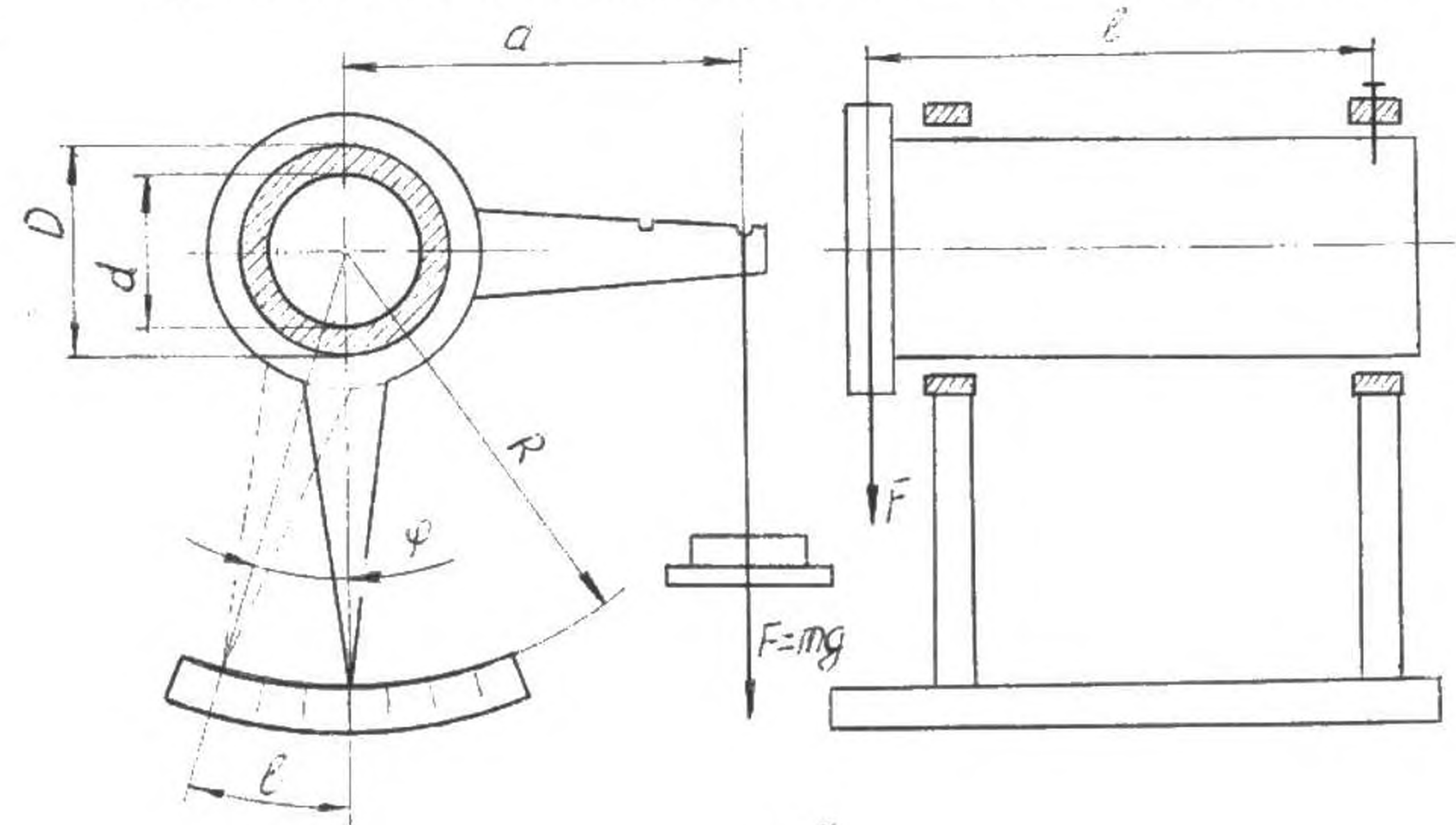
- $\varphi$  - повний кут закручування в радіанах;
- $M_k$  - крутний момент в Н·мм /дорівнює зовнішньому скручувачому моменту/;
- $\ell$  - довжина стержня в мм;
- $G \cdot J_p$  - жорсткість стержня;
- $J_p$  - полярний момент інерції в мм<sup>4</sup>
- $G$  - модуль зсуву в МПа (Н/мм<sup>2</sup>)

З даної формули визначається модуль зсуву

$$G = \frac{M_k \cdot \ell}{\varphi \cdot J_p} \text{ [МПа]}$$

IV. Порядок виконання роботи.

I. В звітах до лабораторної роботи виконати схему установки.



2. Виміряти довжину стержня " $\ell$ " /відстань між перерізами, відносно яких визначається кут закручування  $\varphi$ , тобто між фіксатором стержня і перерізом, де прикладена зовнішня сила " $F$ "/.
3. Виміряти штангенциркулем зовнішній " $D$ " і внутрішній " $d$ " діаметр стержня.
4. Виміряти радіус " $R$ " стрілки, який показує кут закручування " $\varphi$ ".
5. Виміряти довжину вахля " $a$ " /від осі стержня до підвіски вантажу/.
6. Після навантаження виміримо відхилення стрілки від початкового положення /дуга " $\beta$ " в мм/. Навантаження повторити, змінюючи величину тягарів. Дані вимірювань занести в таблицю.

№ зп	$\ell$ /мм/	$D$ /мм/	$d$ /мм/	$R$ (мм) стрілки	$a$ (мм) вахля	$m$ (кг) тягаря	$\beta$ мм
1.							
2.							



6. Виконати необхідні обчислення і занести їх в таблицю.

№ зп	$J_p = 0,1(D^4 - d^4)$ (мм <sup>4</sup> )	крутний момент $M_k = F \cdot a$ (Н·мм)	Кут закручування $\varphi = \frac{b}{R}$ (рад)	Модуль зсуву $G = \frac{M_k \cdot l}{\varphi \cdot J_p}$
I.				
2.				

Зробити висновок до лабораторної роботи.

Роботу виконав: " " \_\_\_\_\_ 200\_р.  
/підпис/

Роботу перевірів: " " \_\_\_\_\_ 200\_р.  
/підпис/

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

"Визначення критичного напруження в стиснутому стержні"

I. Мета роботи: дослідити явище втрати стійкості прямолінійної форми рівноваги при осьовому стиску, визначити дослідним шляхом критичну силу і зрівняти її значення з теоретично розрахованою.

II. Обладнання.

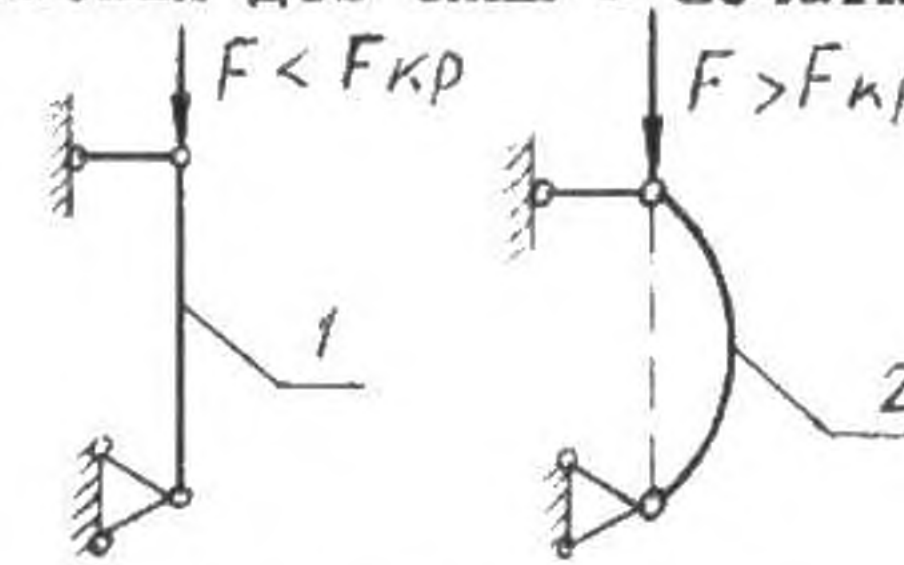
1. Установка для визначення критичної сили.
2. Стержні для випробування.
3. Штангенциркуль.
4. Лінійка вимірвальна.

III. Короткі теоретичні відомості.

Кожному деформованому стану пружного тіла відповідає рівновага між зовнішніми і внутрішніми силами. Рівновага може бути стійкою і нестійкою.

Пружна рівновага стійка, якщо напружений стержень при малих відхиленнях від стану рівноваги прагне повернутися до початкового стану після припинення зовнішньої дії, яка порушила початкову рівновагу.

Пружна рівновага нестійка, якщо деформоване тіло продовжує деформуватися в напрямі наданого йому відхилення і після припинення дії сили в початковий стан не повертається.



- 1 - прямолінійна форма стійкої рівноваги
- 2 - криволінійна форма рівноваги /небезпечна/.

$F$  - зовнішня сила, яка викликає деформування;  
 $F_{кр}$  - критична сила.

Критична сила - сила, при збільшенні якої стиснутий стержень втрачає стійкість прямолінійної форми рівноваги.

Визначається за формулою Ейлера:

$$F_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{min}}{(m \cdot l)^2}$$

- $E$  - модуль пружності I роду (Н/мм<sup>2</sup>)
- $J_{min}$  - найменший з осьових моментів інерції перерізу /мм<sup>4</sup>/
- $l$  - довжина стержня /мм/
- $m$  - коефіцієнт приведення, який залежить від способу закріплення кінців стержня:

- 1/  $\mu = 1$ , коли обидва кінці закріплені шарнірно;
- 2/  $\mu = 0,7$ , коли один кінець - шарнірно, другий - жорстко;
- 3/  $\mu = 0,5$ , коли обидва кінці - жорстко.

/рис. 76, с. 124 навчального посібника "Опір матеріалів"

під ред. Гусовського А.С., Нестерука В.С., вид. ВВАТУ, 1989р.  
Критичній силі відповідає критичне напруження ( $\sigma_{кр}$ ) - напруження, при якому стиснутий стержень втрачає стійкість прямолінійної форми рівноваги.

$$\sigma_{кр} = \frac{F_{кр}}{A}, \quad \text{де } A - \text{ площа поперечного перерізу.}$$

Формулу Ейлера можна застосовувати тільки, коли діє закон Гука, тобто

$$\sigma_{кр} \leq \sigma_{пл}, \quad \text{де } \sigma_{пл} - \text{ границя пропорційності.}$$

Критичне напруження визначається за формулою:

$$\sigma_{кр} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2}, \quad \text{де}$$

$\lambda$  - гнучкість стержня - відношення його приведеної довжини до мінімального радіусу інерції.

$$\lambda = \frac{\mu \cdot l}{i_{min}} \quad (\text{мм})$$

$i_{min}$  - мінімальний радіус інерції стержня, який визначається за формулою:

$$i_{min} = \sqrt{\frac{J_{min}}{A}} \quad (\text{мм})$$

Гнучкість стержня залежить від його геометричних характеристик /довжини і поперечних розмірів/ і виду закріплення кінців стержня.

Формулу Ейлера можна користуватися тільки, коли

$$\lambda \geq \lambda_{гр}, \quad \text{де } \lambda_{гр} - \text{ гранична гнучкість.}$$

$$\lambda_{гр} = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_{пл}}}$$

Гранична гнучкість залежить тільки від фізико-механічних характеристик матеріала стержня ( $E, \sigma_{пл}$ ) і для даного матеріала - величина стала.

Для Ст.3	-	$\lambda_{гр} \approx 100$
Чавун	-	$\lambda_{гр} \approx 80$
Дерево	-	$\lambda_{гр} \approx 110$

IV. Порядок виконання роботи.

1. Штангенциркулем та лінійкою заміряти товщину „ $h$ “, ширину „ $b$ “ і довжину „ $l$ “ стержня.

2. Закріпити стержень в зажимах установки:

- обидва кінці закріплені шарнірно  $\mu = 1$ ;
- один - шарнірно, другий - жорстко  $\mu = 0,7$ ;
- обидва кінці - жорстко  $\mu = 0,5$ .

Дослід виконати для кожного випадку закріплення стержня.

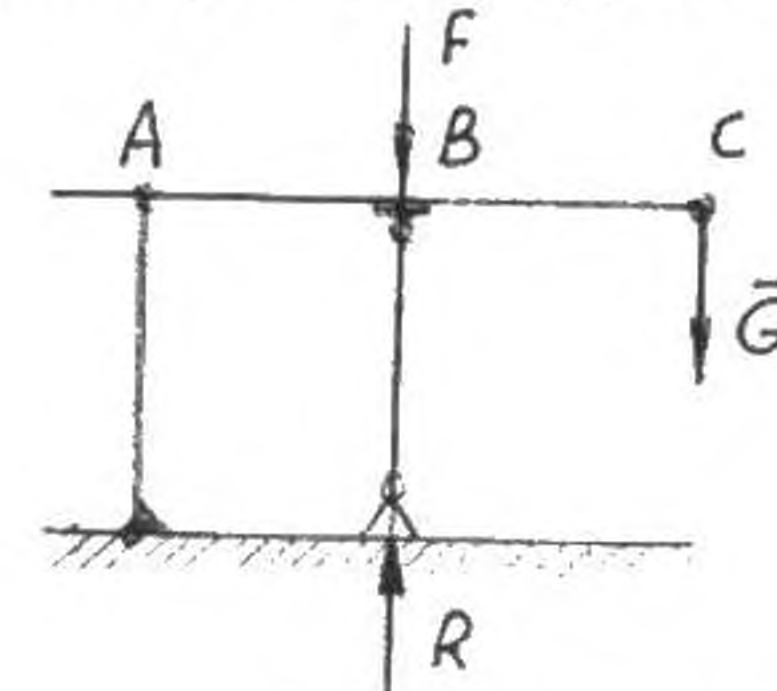
3. Повільно навантажити стержень і слідити за величиною навантаження і поведінкою стержня.

Поки стискувча сила  $F$  порівняно мала, стержень зберігає прямолінійну форму. Легко надавити на середину стержня і зігнути його, відхиляючи від вертикалі. Відпустити стержень і прослідкувати, повернувся стержень в початкове положення чи ні. Якщо стержень повертається до початкової форми, - його прямолінійна форма є стійкою формою рівноваги і критичне значення навантаження не досягнуте.

Поступово збільшувати навантаження, знову відхилити стержень від вертикалі. Повторити це до тих пір, поки стержень не буде повертатися до початкової форми.

Перехід до критичного значення сили  $F$  відбувається швидко. Починається викривлення осі стержня без збільшення навантаження. Це значення навантаження є критичним.

Величину дослідної критичної сили визначаємо по вазі вантажу і співвідношенню плеч важеля установки.



$$G \cdot AC = R \cdot AB; R = F$$

$$F = \frac{G \cdot AC}{AB}$$

4. Теоретично значення критичної сили можна визначити за формулою Ейлера:

$$F_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{min}}{(\mu \cdot l)^2};$$

де  $F_{кр}$  - критична сила в Н;  
 $E$  - модуль пружності в Н/мм<sup>2</sup>;

- $I_{min}$  - мінімальний момент інерції в  $\text{мм}^4$  ;  
 $M$  - коефіцієнт приведеної довжини / залежить від способу закріплення стержня / ;  
 $l$  - довжина стержня в  $\text{мм}$ .

5. Переконаємось, чи можна застосовувати формулу Ейлера:

Вона застосовується для довгих стержнів з великою гнучкістю, якщо гнучкість стержня, який випробовується  $\lambda \geq \lambda_{gr}$   
 де  $\lambda_{gr}$  - гранична гнучкість стержня.

$$\lambda = \frac{M \cdot l}{I_{min}}; \quad l_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}; \quad \lambda_{gr} = \pi \sqrt{\frac{E}{\sigma_{пр}}}$$

- де  $I_{min}$  - мінімальний радіус інерції в  $\text{мм}^4$  ;  
 $A$  - площа поперечного перерізу стержня в  $\text{мм}^2$  ;  
 $E$  - модуль пружності в  $\text{н/мм}^2$  ;  
 $\sigma_{пр}$  - границя пропорційності матеріала в  $\text{н/мм}^2$  .

6. Результати дослідів і розрахунків звести в таблицю.

Розміри стержнів. Результати випробувань і розрахунків.	Схеми закріплення стержнів		
	$M=1$	$M=0,7$	$M=0,5$
1. Довжина стержня в $\text{мм}$ ( $l$ )			
2. Ширина стержня в $\text{мм}$ ( $b$ )			
3. Товщина стержня в $\text{мм}$ ( $h$ )			
4. Площа поперечного перерізу $A = b \cdot h$			
5. Найменший момент інерції $I_{min}$			
6. Радіус інерції в $\text{мм}$ $l_{min}$			
7. Гнучкість стержня $\lambda$			
8. Критична сила	Дослідна		
	Теоретична		

7. Зробити висновок до лабораторної роботи.  
 Висновок:

Роботу виконав " " 200\_\_ р.  
 /підпис/  
 Роботу перевіряв " " 200\_\_ р.  
 /підпис/

5898/108

"Визначення елементів і типу різьби"

- I. **Мета роботи:** навчитися практично визначати тип і елементи різьби на деталях загального призначення, які зустрічаються в авіаційній техніці.
- II. **Обладнання:**
1. Набір різьбових деталей.
  2. Вимірвальний інструмент: різьбомір, штангенциркуль, лінійка.
  3. Комплект таблиць.
  4. Мікрокалькулятор.
- III. **Короткі теоретичні відомості.**
- Основними елементами різьби є:
- 1/  $d$  - зовнішній /номінальний/ діаметр різьби в мм, який вимірюється по виступам зовнішньої різьби або відповідає западині внутрішньої різьби;
  - 2/  $d_1$  - внутрішній діаметр різьби в мм, який вимірюється по виступам внутрішньої різьби або відповідає западині зовнішньої різьби;
  - 3/  $d_2$  - середній діаметр різьби - діаметр уявного циліндра, на якому ширина виступа і ширина западини однакові;
  - 4/  $p$  - крок різьби - відстань між сусідніми однойменними бічними сторонами профіля різьби в напрямі, паралельному осі різьби /мм/;
  - 5/  $P_h$  - хід різьби - величина відносного осьового переміщення гвинта /гайки/ за один повний оберт /мм/;
  - 6/  $n$  - кількість заходів - число ниток різьби, яке приходиться на її хід  

$$P_h = p \cdot n$$
  - 7/ Кут під'єма гвинтової лінії  $\psi$  - кут між гіпотенузом і катетом на розгортці гвинтової лінії.  
 Основним типом різьби, яка досліджується, є різьба метрична, яка має профіль у вигляді рівнобічного трикутника.  
 Кут профіля  $\alpha = 60^\circ$ .
- IV. **Порядок виконання роботи.**
- I. Виконати ескізи різьбових деталей:
    - а/ деталі з зовнішньої різьби;
    - б/ деталі з внутрішньої різьби.
 Застосувати умовності і правила зображень, встановлені стандартом.

2. Накреслити таблицю "Елементи різьби".

№ зп	Елементи різьби	Деталі	
		№ 1	№ 2
1.	Профіль різьби		
2.	Кут профіля $\alpha$		
3.	Кількість заходів $n$		
4.	Хід різьби $P_h$ /мм/		
5.	Крок різьби $p$ /мм/		
6.	Різьба права або ліва		
7.	Зовнішній діаметр різьби $d$ /мм/		
8.	Внутрішній діаметр різьби $d_1$ /мм/		
9.	Середній діаметр різьби $d_2$ /мм/		
10.	Кут під'єма гвинтової лінії $\psi$		

3. Визначити практично тип і елементи різьби:

- 1/ номінальний діаметр /зовнішній/ вимірюється на деталі з зовнішньої різьби за допомогою штангенциркуля. Отримане значення перевірити по таблиці стандартів і записати результат.
- 2/ Для деталі з внутрішньої різьби штангенциркулем можна заміряти внутрішній діаметр.
- 3/ Крок різьби визначити за допомогою відбитку.
- 4/ Решта діаметрів визначається по стандартній таблиці відповідно визначеному кроку і вимірним діаметрам.
- 5/ Кількість заходів  $n$  і напрям різьби визначаються візуально з торця деталі.
- 6/ Хід різьби визначається за формулою

$$P_h = p \cdot n$$

4. Визначити кут підйому гвинтової лінії за формулою

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{P_h}{\pi d_2}; \quad \psi = \operatorname{arctg} \frac{P_h}{\pi d_2}$$

5. Заповнити таблицю "Елементи різьби".

6. Записати всі необхідні розрахунки.

7. Зробити висновок з лабораторної роботи.

Роботу виконав " " \_\_\_\_\_ 200\_\_ р.  
\_\_\_\_\_/підпис/

Роботу перевірів " " \_\_\_\_\_ 200\_\_ р.  
\_\_\_\_\_/підпис/

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

"Визначення передаточного числа простого і складного зубчастого механізму".

I. Мета роботи: відпрацювати практичні навички по визначенню основних параметрів зубчастих коліс і по визначенню передаточного числа редукторів.

II. Обладнання.

1. Набір зубчастих коліс.
2. Штангенциркуль.
3. Креслярський інструмент.
4. Зубчасті механізми.

III. Короткі теоретичні відомості.

Параметри зубчастого колеса з евольвентним профілем виражають через модуль  $m$  і число зубців  $Z$ .

Модуль зубців  $m$  - це частина ділительного кола  $d$ , яка приходить на один зуб.

Модуль - величина стандартна:

- $m = 0,5; 1,5; 1,75; 2,0; 2,5; 2,75; 3,0; 3,5; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0 \dots 100$ .

I/  $d_a$  - діаметр кола виступів (мм)

$$d_a = d + 2m = m(Z + 2); \quad m = \frac{d_a}{Z + 2},$$

де  $d$  діаметр ділительного кола (мм)

2/  $d_f$  - діаметр кола западин (мм)

$$d_f = d - 2,5m = m(Z - 2,5) \rightarrow m = \frac{d_f}{Z - 2,5}$$

3/ Висота зуба  $h$  - відстань між колами виступів і западин  $h = h_a + h_f$ , де  $h_a$  - висота головки зуба,

$$h_f - \text{висота ніжки зуба, } h_a = m, \quad h_f = 1,25m, \\ h = 2,25m.$$

4/ Коловий крок зубців " $P_t$ " - відстань між однойменними точками профілей сусідніх зубців, яка вимірюється по дузі ділительного кола:

$$P_t = \pi \cdot m$$

5/ Колова товщина зуба

$$S_t = \frac{P_t}{2} = \frac{\pi \cdot m}{2}$$

6/ Найбільша відстань між торцями зубців колеса називається довжиною зуба "b"  
Значення вимірюється

Передаточним числом зубчастої передачі називається відношення числа зубців  $Z_2$  колеса до числа зубців  $Z_1$  шестерні:

$$u = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Для складних передач загальне передаточне число визначається як добуток передаточних чисел кожної ступені

$$u_{\text{заг.}} = u_1 \cdot u_2 \cdot \dots \cdot u_n; \quad \text{або } u_{\text{заг.}} = \frac{\omega_{\text{вх}}}{\omega_{\text{вих}}}, \quad \text{де}$$

$\omega_{\text{вх}}$  - кутова швидкість вхідного вала (р/с),

$\omega_{\text{вих}}$  - кутова швидкість вихідного вала (р/с).

Через число зубців:

$$u_{\text{заг.}} = \frac{Z_2 \cdot Z_4 \cdot \dots \cdot Z_n}{Z_1 \cdot Z_3 \cdot \dots \cdot Z_{n-1}} \quad \text{де } n - \text{число зубчастої коліс.}$$

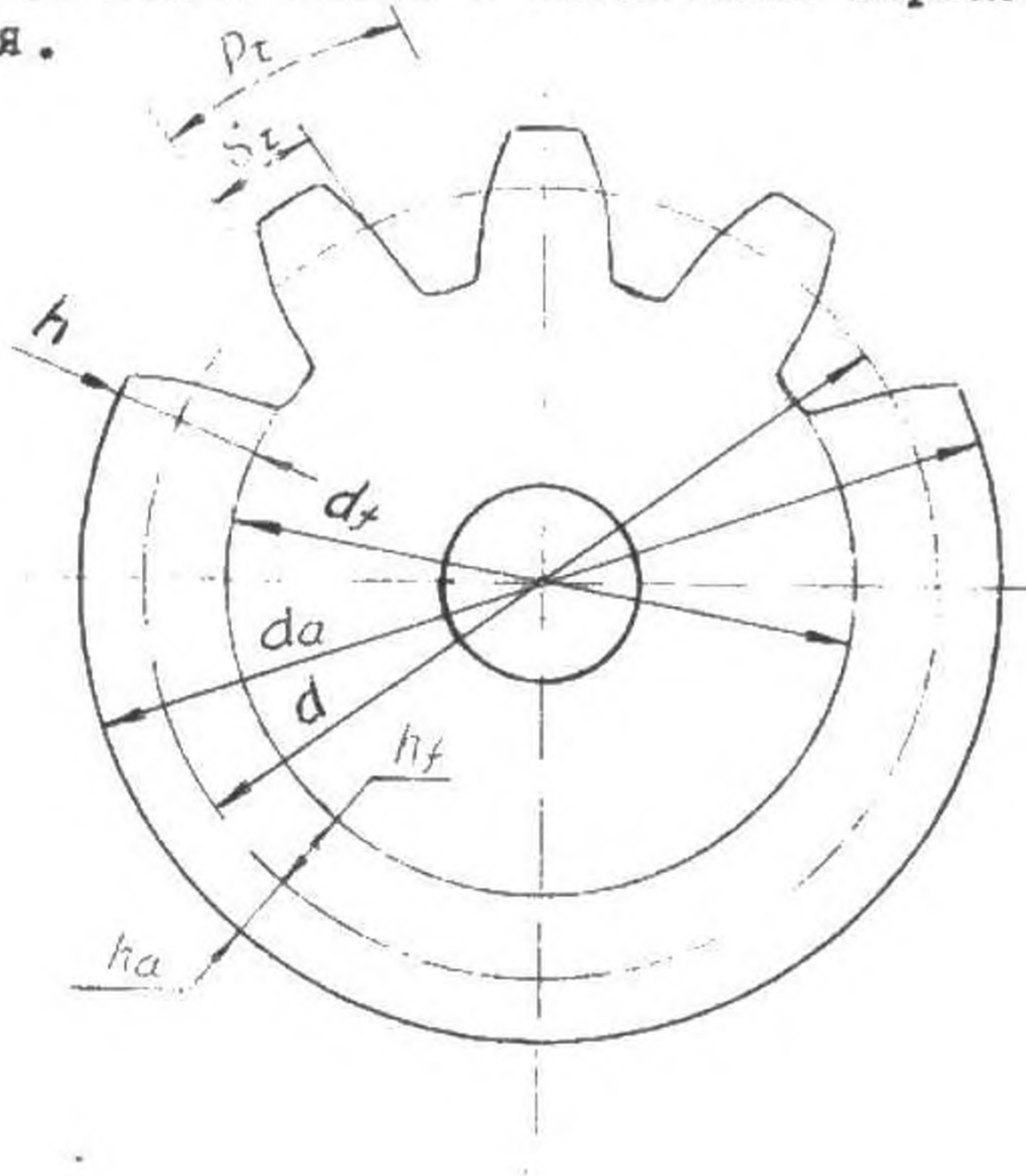
**IV. Порядок виконання роботи.**

Робота виконується в два етапи.

I етап - визначення параметрів зубчастого колеса.

II етап - зробити ескіз зубчастого колеса, згідно вимог стандарта.

Нанести розмірні лінії і позначення параметрів, які визначаються.



2/ Накреслити таблицю основних параметрів зубчастого колеса.

№ зп	Параметри зубчастого колеса	Формула для визначення параметрів	Значення параметрів
1*	Крок зачеплення	$P_t =$	
2*	Діаметр ділального кола	$d =$	
3*	Діаметр кола виступів	$d_a =$	
4*	Діаметр кола западин	$d_f =$	
5*	Висота головки зуба	$h_a =$	
6*	Висота ніжки зуба	$h_f =$	
7*	Повна висота зуба	$h =$	
8*	Товщина зуба	$S_t =$	
9*	Довжина зуба	$b = (\text{заміряти})$	

3/ Визначити модуль. Для цього треба підрахувати кількість зубців "Z" і заміряти діаметр кола виступів "da" або западин  $d_f$

$$m = \frac{d_a}{Z + 2}, \quad \text{або} \quad m = \frac{d_f}{Z - 2,5}$$

Отримане значення наблизити до найближчого стандартного значення.

4/ Записати всі розрахунки і заповнити таблицю.

**2 етап - визначення передаточного числа зубчастого механізму.**

1. Виконати кінематичну схему простого зубчастого механізму.

2. Підрахувати кількість зубців  $Z_1 = \dots; Z_2 = \dots; \dots$

3. Визначити передаточне число простого зубчастого механізму

$$u = \dots$$

4. Виконати кінематичну схему складного зубчастого механізму.

5. Підрахувати кількість зубців:

$$Z_1 = \dots; Z_2 = \dots; Z_3 = \dots;$$

$$Z_4 = \dots; Z_5 = \dots; Z_6 = \dots$$

і т.д.

6. Визначити передаточне число складного зубчастого механізму.

$$u = \dots$$

7. Зробити висновок до лабораторної роботи.

Роботу виконав " " 200 р.

/підпис/

Роботу перевірів " " 200 р.

/підпис/

З М І С Т

1. Загальні рекомендації	с. 3
2. Лабораторна робота №1 "Визначення центра тяжіння складної плоскої фігури"	5
3. Лабораторна робота №2 "Визначення моменту інерції тіла, яке обертається"	7
4. Лабораторна робота №3 "Визначення модулю зсуву при крученні"	10
5. Лабораторна робота №4 "Визначення критичного напруження в стиснутому стержні"	13
6. Лабораторна робота №5 "Визначення елементів і типу різьби"	18
7. Лабораторна робота №6 "Визначення передаточного числа простого і складного зубчастого механізму"	21
8. Зміст	24