

Міністерство освіти і науки молоді та спорту України  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя

ЛІТЕРАТУРА



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

*Кафедра технічної механіки  
і сільськогосподарського  
машинобудування*

Лабораторна робота №9  
"Дослідження болтового з'єднання,  
що працює на зсув"

Тернопіль 2011

**Методичні вказівки розглянуті на засіданні кафедри  
технічної механіки і сільськогосподарського  
машинобудування, протокол №\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_2011р.**

**Методичні вказівки схвалені та рекомендовані до  
друку на засіданні методичної комісії факультету переробних  
і харчових виробництв Тернопільського національного  
технічного університету імені Івана Пулюя, протокол №\_\_\_\_  
від «\_\_» \_\_\_\_\_2011р.**

**Укладачі:**

**к.т.н. проф. Зубченко І.І.**

**к.т.н. доц. Сташків М.Я.**

**асист. Ферендюк О.В.**

## Лабораторна робота №9

### Дослідження болтового з'єднання, що працює на зсув

#### 1. Загальні відомості про різьбові з'єднання.

До різьбових з'єднань належать деталі, які скріплюються гвинтами, болтами, гайками, шпильками тощо. Основним скріплюючим елементом такого з'єднання є різьба, параметри якої (рис. 9.1) зовнішній діаметр різьби  $d$ , внутрішній діаметр  $d_1$ , середній діаметр  $d_2$ ; кут підйому  $\psi$  ( $\operatorname{tg} \psi = \frac{P}{\pi \cdot d_2}$ ), висота вихідного трикутника  $H$ , крок різьби  $P$ , кут профілю  $\alpha$ , хід різьби  $h = P \cdot n$ ; число заходів  $n$ .

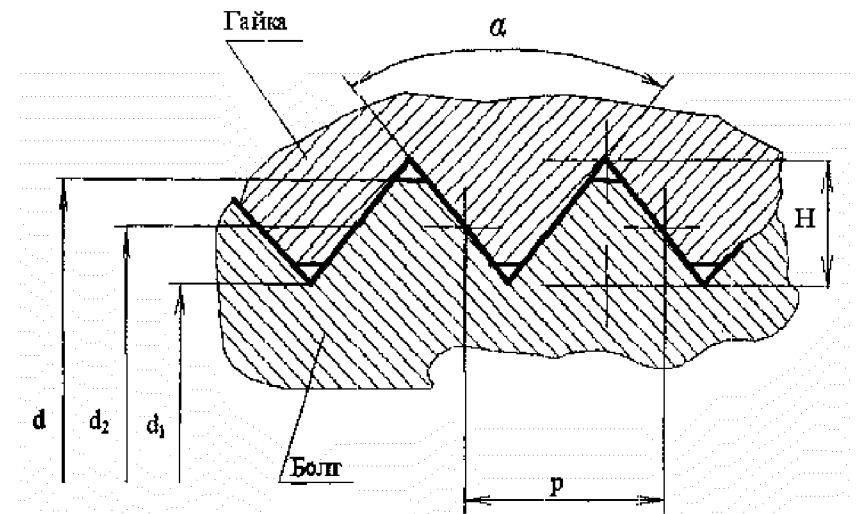


Рис.9.1. Різьба трикутна.

За призначення різьби діляться на кріпильні, кріпильно-ущільнюючі і ходові. У машинобудуванні для різьбових з'єднань застосовують переважно однозахідні метричні різьби ( $\alpha = 60^\circ$ ). Крім метричної різьби існує дюймова ( $\alpha = 55^\circ$ ), трубна

( $\alpha = 55^\circ$ ) і кругла ( $\alpha = 30^\circ$ ). В якості ходових використовують прямокутну, трапецеїдальну і упорну різьби.

Найбільш поширеними кріпильними деталями є болт (гвинт) і гайка. За конфігурацією стержня розрізняють болти (гвинти) з нормальним стержнем, з потовщеним стержнем, болти з підголовком, спеціальні болти. Головки болтів бувають шестигранні, циліндричні, циліндричні з сферою, потайні, напівпотайні, напівкруглі, циліндричні з шестигранною заглибиною під ключ тощо. Кінці кріпильних болтів роблять плоскими з фаскою, напівкруглими та інші.

## 2. Силіві співвідношення і умови самогальмування у гвинтовій парі.

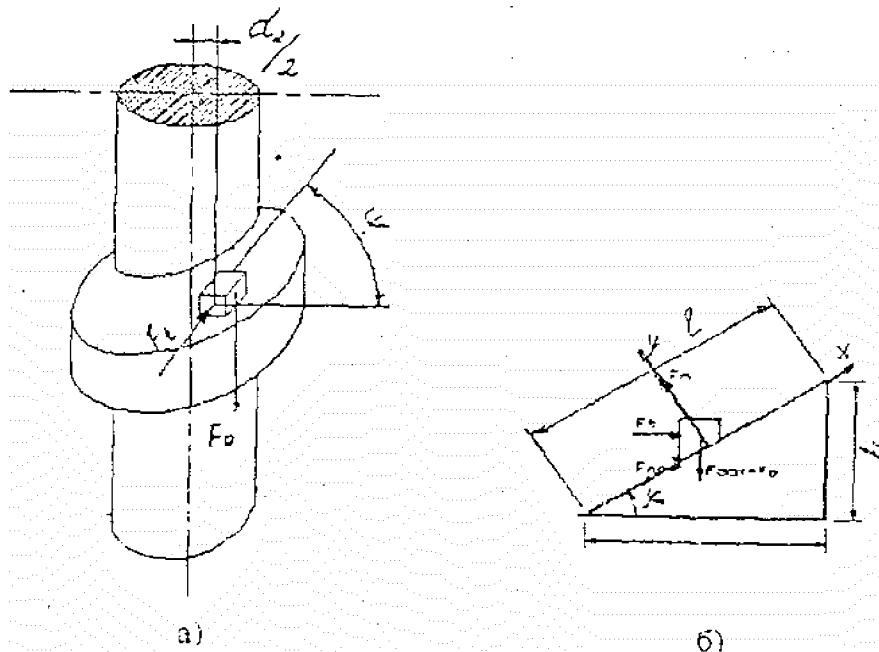


Рис.9.2. Схема сил в гвинтовій парі прямокутною різьбою.

## Рекомендована література

1. Иванов М.Н. Детали машин.М.:Высшая школа,1984.с.16. ..49.
2. Решетов Д.Н. Детали машин.М.: Машиностроение, 1989. с. 104...119, 125...139.

## Контрольні запитання

1. Які типи різьб використовують в різьбових з'єднаннях?
2. Назвіть основні параметри різьби.
3. Чому в різьбових з'єднаннях найчастіше використовують трикутний профіль різьби?
4. Назвіть групи болтів (гвинтів) за формою їх стержнів.
5. Класифікація болтів (гвинтів) за міцністю.
6. Які ступені точності виготовлення різьб болтів (гвинтів) передбачені стандартом?
7. Як визначається кут підйому різьби?
8. Залежність між моментом, прикладеним до гвинта і його осью силою.
9. Як визначається момент на гайці при її загвинчуванні, якщо відома осьова сила гвинта?
10. У чому різниця конструкцій з'єднань і розрахунку при попередньо не затягнутих і затягнутих болтах?
11. Як розраховують гвинт у з'єднанні, навантаженому зсуваючою силою (з'єднання напружене).
12. Як враховується момент, який виникає в різьбі її момент закручування гвинта, при розрахунку болтів?
13. Від чого залежить величина зовнішньої зсуваючої сили для болта, поставленого із зазором?
14. Як вибирають (призначають) допустимі напруги для болтів при дії на них статичних і змінних навантажень?

Для розгляду сил у гвинтовій парі зручно виток прямокутної різьби (рис. 9.2а)) розгорнути по середньому діаметру  $d_2$  в похилу площину (рис. 9.2б)), а гайку замінити повзуном. Підніманню повзуна, по похилій площині відповідає нагвинчування гайки на гвинт.

Розглянувши рівновагу повзуна (рис. 9.2б)) тобто, беручи до уваги, що  $\sum X = 0$ ,  $\sum Y = 0$ ,  $F_{TP} = F_n \cdot f$ ,  $f = \operatorname{arctg} \varphi$ , знайдемо

$$F_t = F_o \cdot \operatorname{tg}(\psi \pm \varphi) \quad 9.1)$$

а для трикутної різьби

$$F_t = F_o \cdot \operatorname{tg}(\psi \pm \varphi') \quad (9,1.a)$$

де  $F_t$  - колова (рушійна) сила у різьбі;

$\Sigma X, \Sigma Y$  - складові проекції сил на координатні осі;

$F_{TP}$  - сила тертя в різьбі;

$F_n$  - нормальна сила на нитки різьби від осьової сили  $F_o$  (або сили попереднього затягування  $F_{зат}$ );

$f$  - коефіцієнт тертя в різьбі;

$\varphi$  - кут тертя;

$\varphi' = \operatorname{arctg}(f')$  - зведений кут тертя;

$f' = \frac{f}{\cos \frac{\alpha}{2}}$  - зведений коефіцієнт тертя.

Знак "мінус" у виразі для  $F_t$  відноситься до випадку відкручування гайки. Для самогальмування необхідно забезпечити умови  $\psi < \varphi$  для прямокутної або  $\psi < \varphi'$  - для трикутної. Як правило кут тертя  $\varphi' \geq 8^\circ$ , тобто кріпильна різьба завжди самогальмівна.

Маючи значення колової сили  $F_t$ , можна визначити момент

$$\text{тертя } T_{TP} = F_t \cdot \frac{d}{2} = F_{ЗАТ} \cdot \frac{d}{2} \cdot \text{tg}(\psi + \varphi') \quad (9.2)$$

(момент, прикладений до болта при його затягуванні до виникнення сили  $F_{ЗАТ}$ ) і момент, котрий потрібно прикласти до гайки для створення останньої сили, тобто:

$$T = T_{TP} + T_T = F_{ЗАТ} \cdot \left[ \frac{d_2}{2} \cdot \text{tg}(\psi + \varphi') + f \cdot R_{TP} \right] \quad (9.3)$$

де  $T_T = F_{ЗАТ} \cdot f \cdot R_{TP}$  - момент тертя в торці гайки;

$f$ - коефіцієнт тертя в торці гайки;

$$R_{TR} = \frac{1}{3} \cdot \frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^2 - D_2^2} - \text{радіус тертя гайки, можна прийняти}$$

$$R_{TP} = R_{CP} = \frac{D_1 + D_2}{4}$$

$D_1 = h$  - розмір "під ключ" (рожеквий);

$D_2 = d_0$  - діаметр отвору під болт.

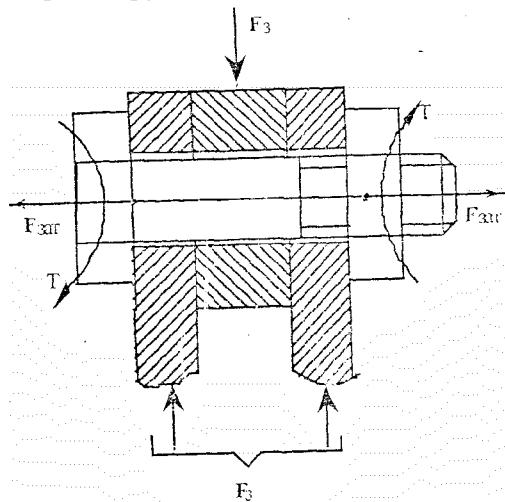


Рис. 9.3. Схема одноболтового різьбового з'єднання, що працює на зсув.

5.12 Пункти 5.4 .. 5.9 повторити з пластинами і повзуном шорсткістю 0,16.

5.13 Результати підрахунків і дослідів занести в таблицю 9.1.

5.14 Побудувати графіки залежності  $F_{ЗАТ} = \varphi(T)$  на основі теоретичних і експериментальних даних (при різних шорсткостях пластин і повзуна).

5.15 Проаналізувати дані дослідів і оформити звіт про роботу.

Таблиця 9.1. Результата теоретичних підрахунків та експериментальних вимірювань

	ДОСЛІДИ											
	I			II			III			IV		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Сила затягування $F_{ЗАТ}$ , кН	3			6			9			12		
Момент загвинчування гайки $T$ , кН												
Теоретичне значення зсуваючої сили $F_3$ , кН												
Шорсткість пластин і повзуна												
Експериментальне значення зсуваючої сили $F_{зе}$ , кН												
Середнє значення зсуваючої сили $F_{зе ср}$ , кН												

## 5. Порядок виконання роботи.

5.1 Опрацювати методичні вказівки до лабораторної роботи; ознайомитися з будовою і принципом роботи машини ДМ 30М для випробування на розтяг - стиск, і конструкцією пристрою.

5.2 Отримати у викладача (лаборанта) необхідний інструмент і матеріали для виконання лабораторної роботи.

5.3 Виміряти зовнішній діаметр болта і визначити його крок, підібрати для нього відповідну гайку і втулку.

5.4 Зібрати пристрій, використовуючи пластини і повзун з шорсткістю поверхонь 2,5 і болт з різьбою М 16.

5.5 Для зібраного болтового з'єднання визначити величину моменту загвинчування гайки, що створює зусилля затягування  $F_{зат}=12\text{кН}$ . (використати при цьому залежність 9.3)

5.6 Підрахувати розрахункове значення зсуваючої сили.

5.7 Затягнути гайку болта динамометричним ключем до моменту, рівного визначеному в пункті 5.5.

5.8 Пуансоном, прикріпленим до динамометричного ключа, завантажити пристрій до початку зсуву повзуна відносно пластин, фіксуючи початок зсуву за стрибком стрілки індикатора динамометричного ключа. Найбільший показ цього індикатора відповідає силі тертя спокою. (При навантаженні необхідно слідкувати, щоб мітка повзуна не вийшла за межі нижньої мітки на пластині).

5.9 За тарировочним графіком динамометричного ключа визначити силу зсуву, що відповідає третю спокою. Досліди проробити не менше трьох разів.

5.10 Пункти 5.5 .. 5.9 повторити для сили затягування, відповідно рівній  $F_{зат}=3,0; 6,0; 9,0\text{ кН}$ .

5.11 Змінивши пластини і повзун шорсткістю 0,63 повторити пункти 5.4.. 5.9.

Викопуючи лабораторну роботу використовують залежність (9.3) При цьому з рисунка 9.3

$$F_3 = F_{зат} \cdot f \cdot i,$$

де  $f = 0,12 \div 0,15$  - коефіцієнт тертя між повзуном і пластинами;  $i=2$  - число робочих поверхонь тертя;

Значення  $F_{зат}$  задають, а  $T$  контролюють.

## 3. Методичні вказівки до вивчення теми

Вивчаючи різьбові з'єднання, необхідно засвоїти питання: різьби і їх види; стандарти на різьби; переваги, недоліки і область застосування окремих видів різьб;

розрахунок на міцність і підбір їх за стандартами; конструкція болтів, шпильок, гвинтів, гайок, шайб і гайкових замків;

матеріал для виготовлення болтів; області застосування різних болтів, шпильок, гвинтів, гайок, шайб і гайкових замків і підбір їх за стандартами; розрахунок болтів на міцність.

При вивченні розрахунку болтів на міцність, які знаходяться під дією статичних навантажень, необхідно встановити різницю в розрахунках в залежності від способу їх навантаження.

Розглянути розрахунок болтів при дії на них змінних навантажень, а також, що знаходяться під дією високих температур; ознайомитися з методикою розрахунку групи болтів і з нормами допустимої напруги.

Слід звернути увагу на способи підвищення міцності болтів, шпильок, гвинтів і гайок.

#### 4. Будова пристрою типу ДМ 23М для випробування болтового з'єднання, що працює на зсув.

Спеціальний пристрій типу ДМ 23М (рис. 9.4) для визначення залежності зсуваючої сили від сили затягування болта, і від шорсткості контактуючих поверхонь в напруженому болтовому з'єднанні. Воно монтується на столі машини ДМ 30М, кінематична схема котрої представлена на (рис. 9.5).

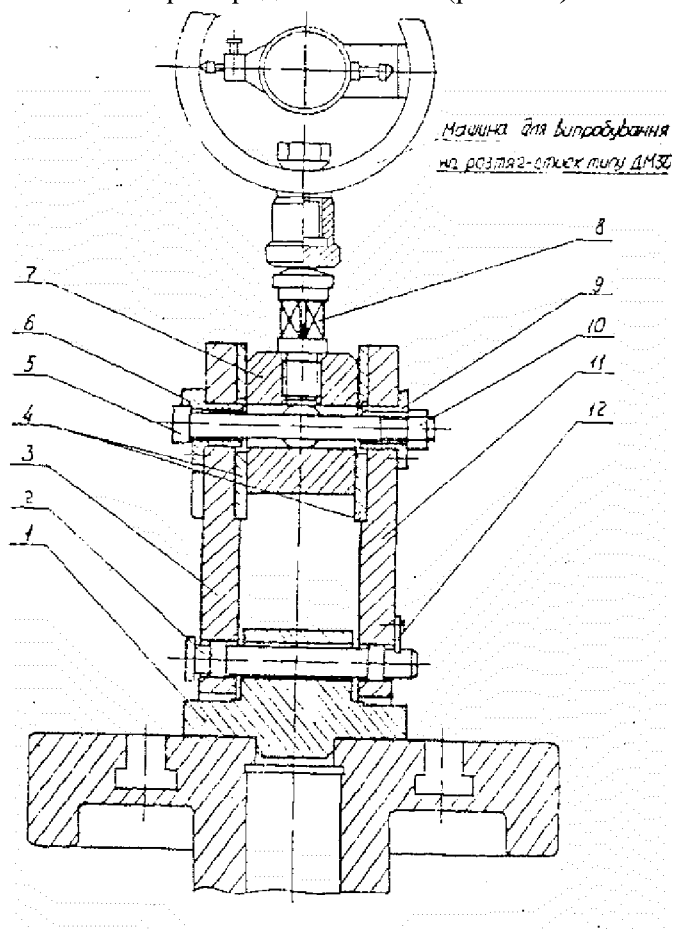


Рис.9.4. Приспосіблення ДМ 23 М.

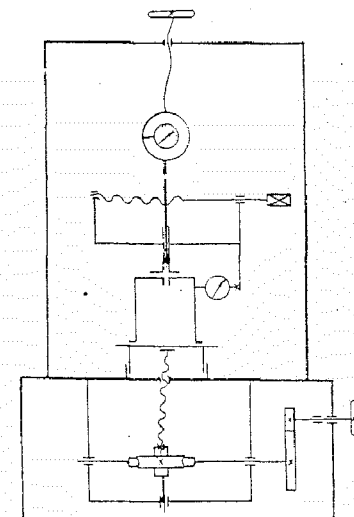


Рис.9.5. Кінематична схема механізму ДМ 30 М

Пристрій складається із основи 1 і двох щік 3, пластини 4, болта 5 з гайками 10 і повзуна 7 з упором 8. Головка болта притискається на втулку 6, а гайка на втулку 9. Втулка 6 має виступ, котрий запобігає провороту болта при обертанні гайки.

Щоки 3 з'єднані з основою за допомогою осі 2, котра утримується від випадання вісетримачем 12.

Пластини і повзун промарковані і на них є мітки для правильного взаємного розташування при затягуванні гайки. У початковому положенні повзун встановлюють так, щоб його мітка співпадала з верхньою міткою пластини. Машина за допомогою пуансона, прикріпленого до динамометричного ключа, здійснює тиск на упор 8 повзуна 7 і навантажує з'єднання зсуваючою силою. Момент, який виникає при загвинчуванні гайки, визначається за допомогою динамометричного ключа, а зсуваюча сила - за допомогою індикатора машини.