

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Механіко – технологічний факультет
Кафедра «Технічна механіка та комп'ютерне проектування
імені професора В.М. Найдиша»

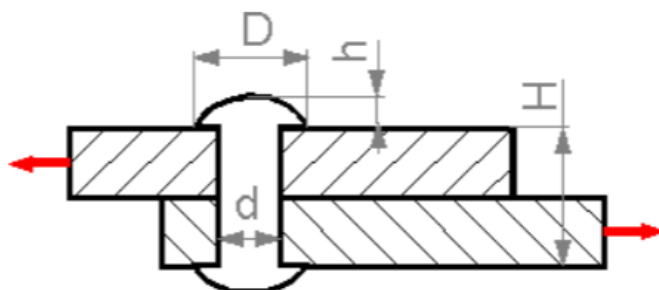


ПРАКТИЧНІ РОЗРАХУНКИ НА ЗРІЗ ТА ЗМІНАННЯ

Методичні вказівки до практичного заняття

з дисципліни «Інженерна механіка. Механіка матеріалів і конструкцій»

для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр»
зі спеціальностей 208 «Агроінженерія»,
133 «Галузеве машинобудування»
та 131 «Прикладна механіка»



Мелітополь, 2020

УДК.531.2(075.8)

Практичні розрахунки на зріз та зминання. Методичні вказівки до практичного заняття з дисципліни «Інженерна механіка. Механіка матеріалів і конструкцій» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальностей 208 «Агроінженерія», 133 «Галузеве машинобудування» та 131 «Прикладна механіка» / Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного; уклад.: **Л.Ю. Бондаренко, О.О.Вершков.** – Мелітополь: 2020. – 24с.

Рецензенти:

Караєв О.Г. – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри сільськогосподарських машин Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.

Схвалено на засіданні кафедри «Технічна механіка та комп'ютерне проектування імені професора В.М. Найдиша»

Протокол № 12 від "8" травня 2020 року

Завідувач кафедри ТМКП

доц. _____ О.О. Вершков

" ____ " _____ 2020 року

Схвалено методичною комісією механіко-технологічного факультету

Протокол № 7 від "29" травня 2020 року

Голова доц. _____ А.О.Смелов

" ____ " _____ 2020 року

Методичні вказівки " **Практичні розрахунки на зріз та зминання** " розроблено з метою надання практичних навичок студентам під час виконання ними практичних завдань з дисципліни «Інженерна механіка. Механіка матеріалів і конструкцій». Видання включає короткі теоретичні відомості, приклади вирішення задач з необхідними теоретичними положеннями і практичними поясненнями. Видання призначене для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» зі спеціальностей 208 «Агроінженерія», 133 «Галузеве машинобудування» та 131 «Прикладна механіка».

© Бондаренко Л.Ю., Вершков О.О.,

© Таврійський державний

агротехнологічний університет імені

Дмитра Моторного, 2020

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Короткі теоретичні відомості	5
2. Рекомендації до розрахунку	13
3. Приклади розв'язання задач	14
Задача 1	14
Задача 2	15
Задача 3	17
Задача 4	18
Задача 5	19
Задача 6	22
Задача 7	23
4. Контрольні запитання	25
ЛІТЕРАТУРА	27

ВСТУП

Методичні вказівки складені для студентів всіх форм навчання з метою полегшення виконання аудиторних практичних робіт або домашніх індивідуальних самостійних робіт по одному з розділів механіки матеріалів і конструкцій. Методичні вказівки містять короткі теоретичні відомості, приклади розв'язання задач та рекомендації до розрахунку.

Практичні розрахунки на зріз та зминання з'єднань окремих елементів конструкцій виконуються різними способами в залежності від матеріально-технічних вимог. Для нормальної роботи конструкції всі з'єднання повинні бути міцними й надійними, тому вони підлягають розрахунку. Загальні питання розрахунку з'єднань містяться у даних методичних вказівках. Ми розглянемо кілька простих видів з'єднань, які сприймають розтягуюче навантаження: з'єднання металевих листів.

1. Короткі теоретичні відомості

Зсувом (або зрізом) називається такий вид деформації, при якому в поперечних перерізах стержня виникає тільки поперечна сила Q , а решта внутрішніх силових факторів дорівнює нулю.

На практиці багато деталей конструкцій зазнають деформацій, близьких до деформації зсуву, і в таких випадках міцнісні розміри їх визначають із розрахунку на зсув (зріз).

Якщо деталі конструкції, що передають значні стискаючі навантаження, мають невелику площу контакту, то може статися зминання поверхонь деталей. Це відбувається в наслідок того, що між поверхнею деталі, що з'єднується і стінками отвору виникає великий взаємний тиск, в результаті якого стінка отвору може зім'ятися, форма отвору зміниться і з'єднання зруйнується. Тиск, який виник між поверхнями сполучної деталі і отвором, називається напруженням зминання.

Зминанням називається місцева деформація стиснення по майданчиках передачі тиску. Для простоти розрахунків вважають, що при контакті по площині виникають нормальні напруження зминання, рівномірно розподілені по площі контакту. Розрахункове рівняння на зминання має вигляд:

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{A_{зм}} \leq [\sigma_{зм}], \quad (1)$$

де F – стискаюча сила, Н;

$A_{зм}$ – площа контакту деталей, мм²;

$[\sigma_{зм}]$ – допустимі напруження на зминання, МПа.

Якщо деталі, що контактують виготовлені з різних матеріалів, то на зминання перевіряють деталь з більш м'якого матеріалу, тобто матеріал, що має меншу допустиме напруження.

При контакті двох деталей по циліндричній поверхні (наприклад, заклепкове або різьбове з'єднання) закон розподілу напружень зминання по поверхні контакту досить складний (рис. 1).

Тому при розрахунку на зминання циліндричних отворів, в розрахункову формулу підставляють не площу бічної поверхні циліндра, а площу діаметрального перетину отвору (умовна площа зминання):

$$A_{зм} = \delta \cdot d, \quad (2)$$

де δ – товщина деталі, що з'єднується (висота циліндра), мм;

d – діаметр отвору, мм.

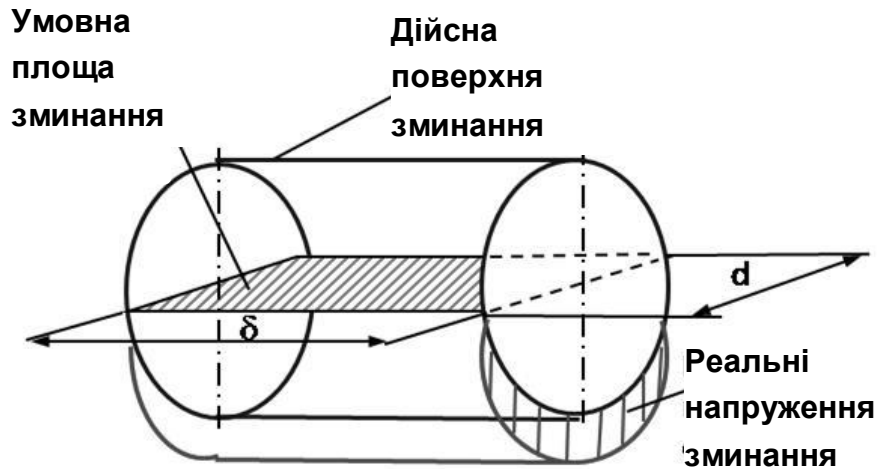


Рисунок 1 – Схема зображення площини змінання.

При різній товщині деталей, що з'єднуються в формулу підставляють меншу товщину.

Зсувом (або зрізом) називається такий вид деформації, при якому в поперечному перерізі стержня виникає тільки поперечна сила.

Зріз - руйнування з'єднання в результаті перерізання деталей кріплення по площині зіткнення елементів з'єднання.

Умова міцності при розрахунку на зріз має вигляд:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{A_{зр}}, \quad (3)$$

де: $\tau_{зр}$ – розрахункове напруження зрізу;

$[\tau_{зр}]$ – допустиме напруження зрізу для матеріалу заклепок, штифтів, болтів або шпонок;

$A_{зр}$ – площа зрізу.

Прикладом елемента металевих конструкцій, що працюють на зріз, може бути заклепка (рис. 2). Заклепкові з'єднання відносяться до нероз'ємних з'єднань, так як для їх розбирання необхідно зруйнувати сполучні елементи - заклепки.

Умова міцності при розрахунку заклепок на зріз враховує їх кількість для з'єднання, тому вона має вигляд:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{n \cdot A_{зр}}, \quad (4)$$

де: n – кількість заклепок, штифтів, болтів (гвинтів) або шпонок, що знаходяться в площині зрізу.

Однозрізними називаються з'єднання, у яких під час руйнування деталі кріплення зріз кожної з них відбувається по одному поперечному перерізі.

Двухзрізними називаються з'єднання, у яких під час руйнування деталі кріплення зріз кожної з них відбувається по двох поперечних перерізах.

Розглянемо які деформації виникають у заклепковому з'єднанні. При деякій величині діючої сили F стержень заклепки може бути зрізаний в місці контакту деталей, що з'єднуються (рис.2,б). Аналогічне руйнування може відбуватися в різьбових, штифтових і шпонкових з'єднаннях.

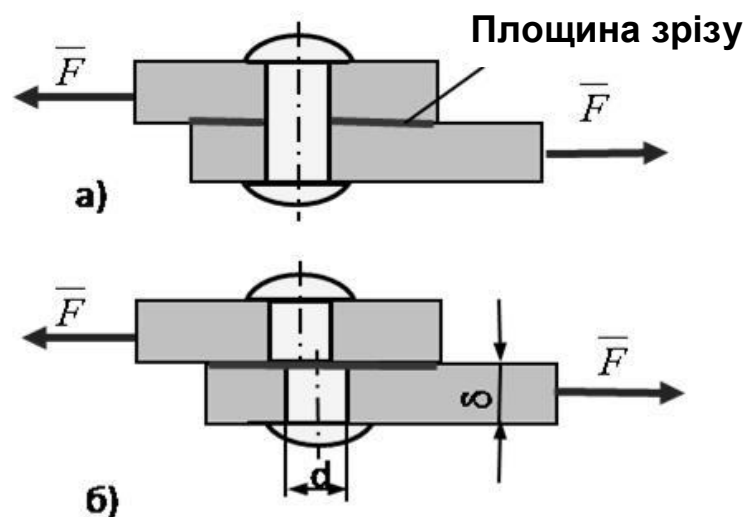


Рисунок 2 – Розташування площини зрізу:
а) до деформації; б) після деформації.

З рисунку 2 видно, що площею зрізу для заклепки є коло. І тоді вона визначиться за формулою:

$$A = \frac{\pi d^2}{4},$$

де d – діаметр стержня заклепки, мм

Умова міцності при розрахунку заклепки на зріз прийме вигляд:

$$\tau_{зр} = \frac{4F}{\pi d^2 \cdot n} \leq [\tau_{зр}] \quad (5)$$

Під час розрахунків площу зрізу приймають з урахуванням особливостей з'єднання:

- для гвинта небезпечним є переріз по діаметру западин різьблення, тому у формулі (3) замість d буде діаметр внутрішньої різьби d_1 ;

- для заклепок і штифтів площею зрізу є площа поперечного перерізу стержня, тобто площа кола ($\pi d^2/4$).

Крім напружень зрізу в перерахованих вище з'єднаннях виникають і напруження зминання, які розраховують за формулою (1) з урахуванням кількості деталей, що знаходяться в з'єднанні і особливостей визначення площі зминання для кожного з'єднання. Рисунок 3 ілюструє наявність поверхні зрізу і зминання для деталей кріплення на прикладі болтового з'єднання.

Шпонкові з'єднання також розраховують на зріз та зминання. Враховуючи те, що колові зусилля діють на шпонку у різних напрямках, приймаємо їх дію на половині висоти ($t_1 = h/2$) у кожному напрямку (рис.4).

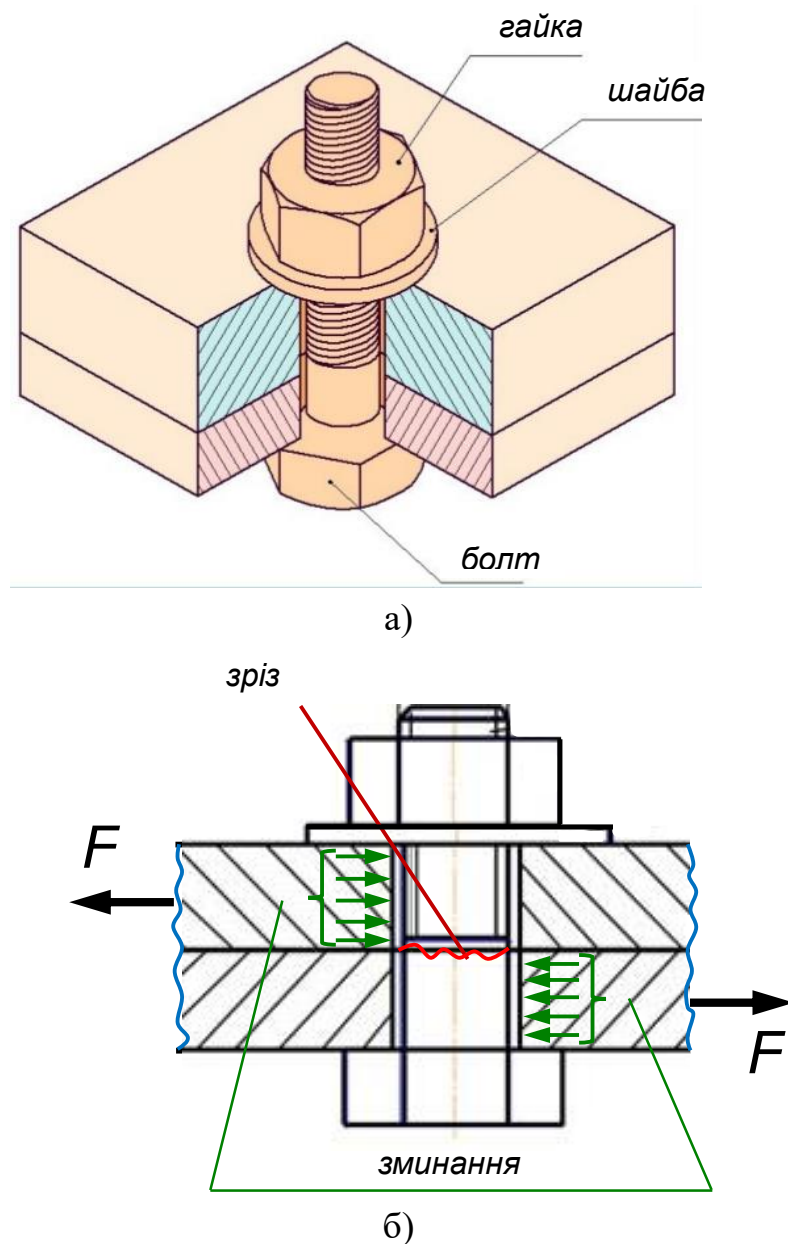


Рисунок 3 – Болтове з'єднання (а) та деформації, що в ньому виникають (б).

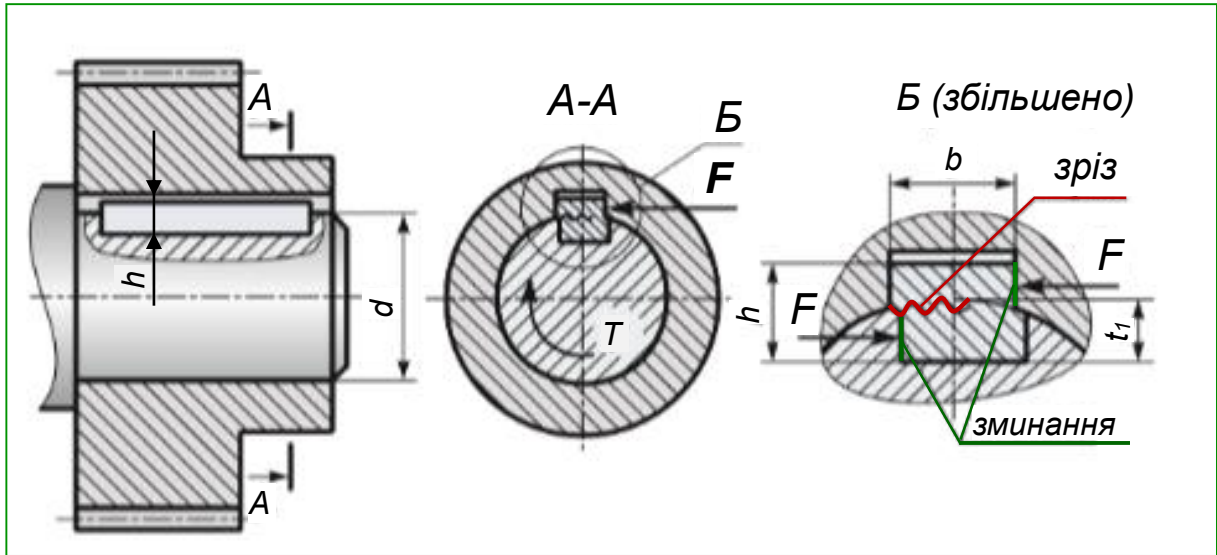


Рисунок 4 – Деформації, що виникають у шпонковому з'єднанні.

Для шпонок площу зрізу можна визначити за формулою:

$$A_{зр} = b \cdot \ell, \quad (6)$$

де b – ширина шпонки, мм;

ℓ – довжина шпонки, мм (рис.3).

Для них площа зминання визначається за формулою:

$$A_{зм} = 0,5 \cdot h \cdot \ell_p, \quad (7)$$

де $0,5 \cdot h$ – глибина врізання шпонки у вал, мм

ℓ_p – розрахункова довжина шпонки, величина якої залежить від виду шпонки (рис.5), мм

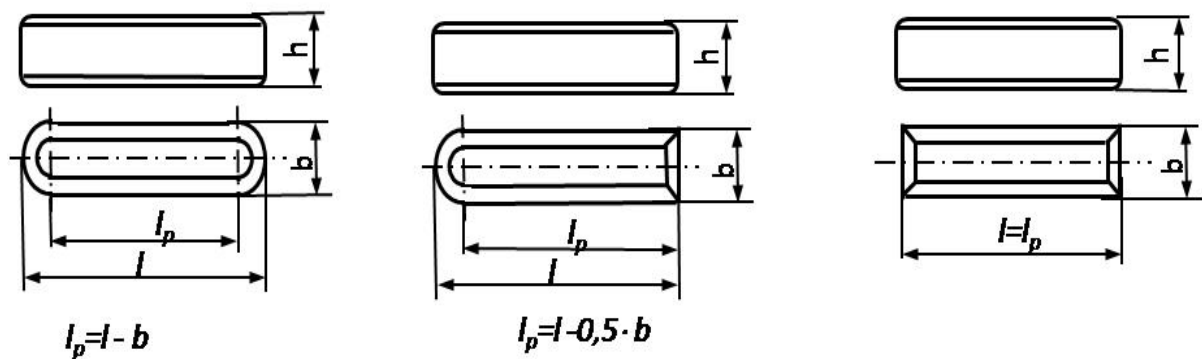


Рисунок 5 – Види шпонок та розрахункова довжина шпонки.

Все сказане вище, відноситься до перевірочних розрахунків на зминання і на зріз. При проектувальних розрахунках формули (1) і (3) вирішують щодо геометричних параметрів (A , d , δ).

Практичні розрахунки на зріз і зминання носять умовний характер і базуються на наступних припущеннях:

1. Передбачається, що в поперечних перерізах стержня виникає тільки один внутрішній силовий фактор - поперечна сила Q ;

2. Передбачається, що дотичні напруження, що виникають в поперечному перерізі, розподілені по його площі рівномірно.

3. Передбачається, що якщо з'єднання здійснено декількома однаковими деталями (заклепками), то всі вони навантажені однаково.

За умовою міцності на зріз розраховують і нероз'ємні з'єднання внапуск – зварні та клейові (рис. 6).

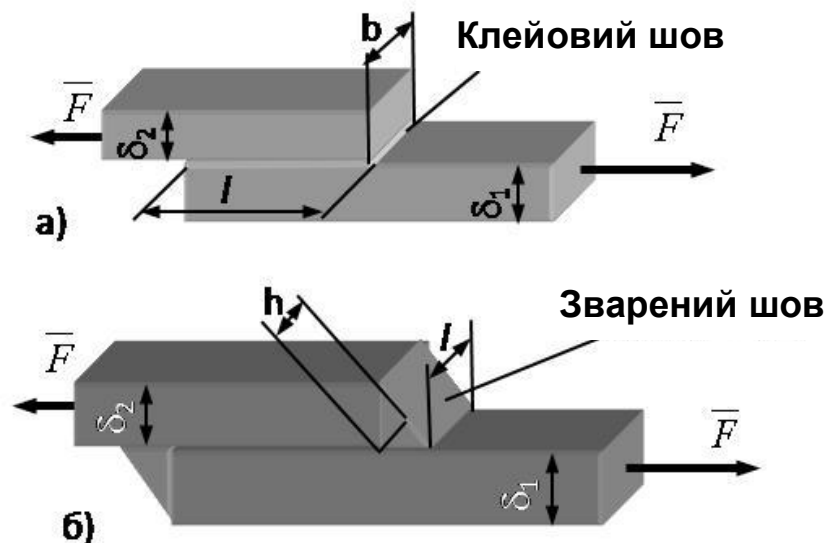


Рисунок 6 – Види нероз'ємних з'єднань.

Для зварного з'єднання (рис.6,б) за розрахунковий переріз зрізу приймають площу:

$$A_{зр} = \ell \cdot h, \quad (8)$$

де ℓ – довжина шва, мм

h – висота шва, яка пов'язана з товщиною деталей, що зварюються та визначається за формулою (рис.4, б):

$$h = \delta \cdot \cos 45^\circ = 0,7 \cdot \delta.$$

Якщо зварюють листи різної товщини, то при визначенні висоти шва в розрахунок приймають мінімальну товщину.

З урахуванням усього сказаного отримаємо:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{A_{зр}} = \frac{4F}{0,7 \cdot \delta \cdot \ell} \leq [\tau_{зр}], \quad (9)$$

Допустиме напруження зрізу визначають залежно від марки матеріалу деталей, що зварюються і від виду зварювання. Для більшості випадків можна прийняти:

$$[\tau_{зр}] \approx 0,6 \cdot [\sigma_p], \quad (10)$$

де $[\sigma_p]$ - допустиме напруження на розтяг.

При розрахунку клейових з'єднань (рис. 6,а) площу зрізу визначають за формулою:

$$A_{зр} = \ell \cdot b, \quad (11)$$

де ℓ – довжина клейового шва, мм;

b – ширина шва (рис.4, а).

Тоді:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{A_{зр}} = \frac{4F}{\ell \cdot b} \leq [\tau_{зр}], \quad (12)$$

Допустиме напруження на зріз $[\tau_{зр}]$ для клейових з'єднань залежить від марки клею, матеріалів деталей, що склеюються і технології виконання клейового з'єднання.

Під час розрахунків на зріз (зсув) та зминання має справедливість **закон Гука**, який відображається формулою:

$$\tau = \gamma \cdot G, \quad (13)$$

де γ – кут зсуву або відносний залишковий зсув;

G – модуль пружності другого роду або **модуль зсуву**, МПа.

Модуль пружності другого роду, залежить від властивостей матеріалу та пов'язує між собою три пружні сталі величини: модуль пружності першого роду (модуль Юнга) E , модуль пружності другого роду G і коефіцієнт Пуасона μ :

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}. \quad (14)$$

2. Рекомендації до розрахунку

1. Записати умову задачі.
2. Записати вихідні дані розрахунку.
3. Викреслити ескіз з'єднання із зазначенням всіх відомих геометричних і силових характеристик.
4. З довідника вибрати допустимі напруження на зріз і зминання для заданих матеріалів деталей, що з'єднуються.
5. Для нарізного сполучення з довідника вибрати параметри різьби: внутрішній діаметр різьби d_1 , середній діаметр різьби d_2 ; для шпонкового з'єднання з довідника, по ГОСТу, вибрати розміри шпонки - ширину b та висоту h ; довжину ℓ рекомендується приймати в діапазоні $\ell = (1 \dots 1,5) d_b$.
6. Записати розрахункову формулу для заданого навантаження і виконати необхідні розрахунки.

Для того, щоб правильно обрати розрахункову формулу і правильно виконати всі розрахунки, необхідно уважно проаналізувати характер навантаження, визначити площу зминання або площа зрізу, звернути увагу на одиниці виміру, в яких задані величини.

Необхідно пам'ятати, що шпонкові і штифтові з'єднання - це з'єднання, що передають обертальний момент T , а силою, яка зрізає або зминає є колова сила F_t (рис. 5), що виникає в наслідок дії моменту:

$$T = F_t \cdot d_b / 2.$$

Звідси колова сила буде дорівнювати: $F_t = F = 2T/d_b$.

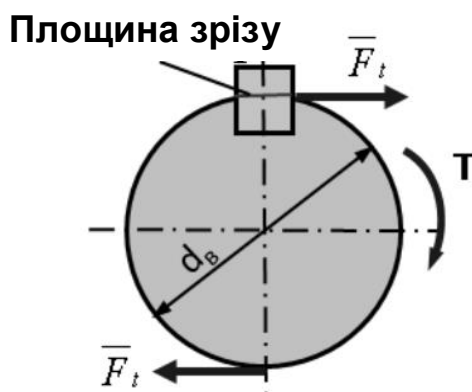


Рисунок 5 – Визначення моменту.

7. Зробити висновки. У висновку необхідно вказати про те, чи виконується для даного з'єднання умова міцності. Якщо умова міцності не виконується, то слід дати рекомендації щодо можливих шляхів вирішення цієї проблеми.

3. Приклади розв'язання задач

Задача 1: Визначити силу F , яка викликає в стержні діаметром $d = 10\text{мм}$ напруження $\sigma_p = 100\text{МПа}$, а також товщину t та діаметр D головки стержня, якщо $[\sigma_{зм}] = 40\text{МПа}$, $[\tau] = 50\text{МПа}$,

Вихідні дані: $d = 10\text{мм}$; $\sigma_p = 100\text{МПа}$; $[\sigma_{зм}] = 40\text{МПа}$; $[\tau] = 50\text{МПа}$.

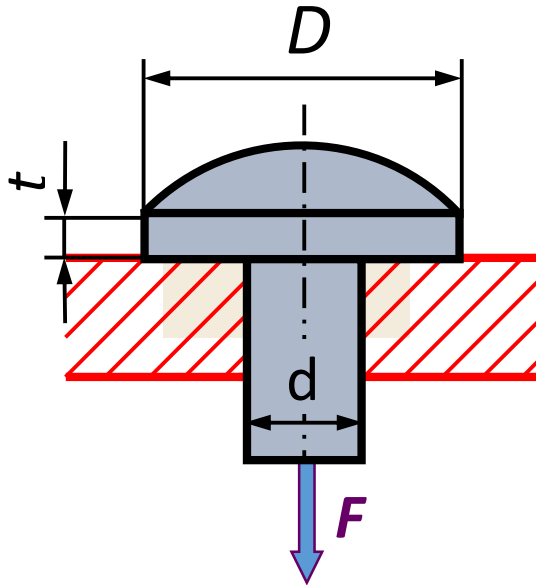


Рисунок 3.1 – Стержневе з'єднання

Розв'язання.

1) Із умови міцності на розрив визначимо силу F .

Умова міцності на розрив стержня:

$$\sigma_p = \frac{F}{A} \leq [\sigma],$$

де: A – площа перерізу стержня, $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$.

Визначаємо силу F :

$$F = \sigma_p \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 100 \cdot \frac{3.14 \cdot 10^2}{4} = 7850\text{Н};$$

2) Із мови міцності на зріз визначаємо товщину t головки стержня.

Умова міцності на зріз головки стержня:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{A} \leq [\tau],$$

де: – площа зрізу, $A = \pi \cdot d \cdot t$.

Тоді умову міцності запишемо так:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{\pi d t} \leq [\tau_{зр}]$$

Звідки визначимо товщину t :

$$t = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot [\tau]} = \frac{7850}{3.14 \cdot 10 \cdot 50} = 5 \text{ мм}$$

2) Із умови міцності на зминання визначаємо діаметр D стержня.

Умова міцності на зминання під головкою стержня:

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{A} \leq [\sigma_{зм}]$$

де A – площа зминання, $A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4}$:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F + \pi \cdot d^2 \cdot [\sigma_{зм}]}{\pi \cdot [\sigma_{зм}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7850 + 3,14 \cdot 10^2 \cdot 40}{3,14 \cdot 40}} = \sqrt{350} = 18,7 \text{ мм}$$

Призначаємо $D = 19 \text{ мм}$.

Задача 2: Перевірити з'єднання призматичною шпонкою за умовою міцності на зріз і зминання (рис. 3.2). Діаметр ділянки вала, на якому встановлена шпонка $d = 60 \text{ мм}$, момент, що передається валом $T = 1000 \text{ Нм}$, матеріал вала - Сталь 20, втулки - Сталь 40ХН, шпонки - Сталь 50, розміри перерізу шпонки $b \times h = 18 \times 11$.

Розв'язання.

1) Довжину шпонки визначаємо за формулою:

$$\ell = 1,5 \cdot d_b = 1,5 \cdot 60 = 90 \text{ мм.}$$

Викреслюємо ескіз з'єднання (рис. 3.2).

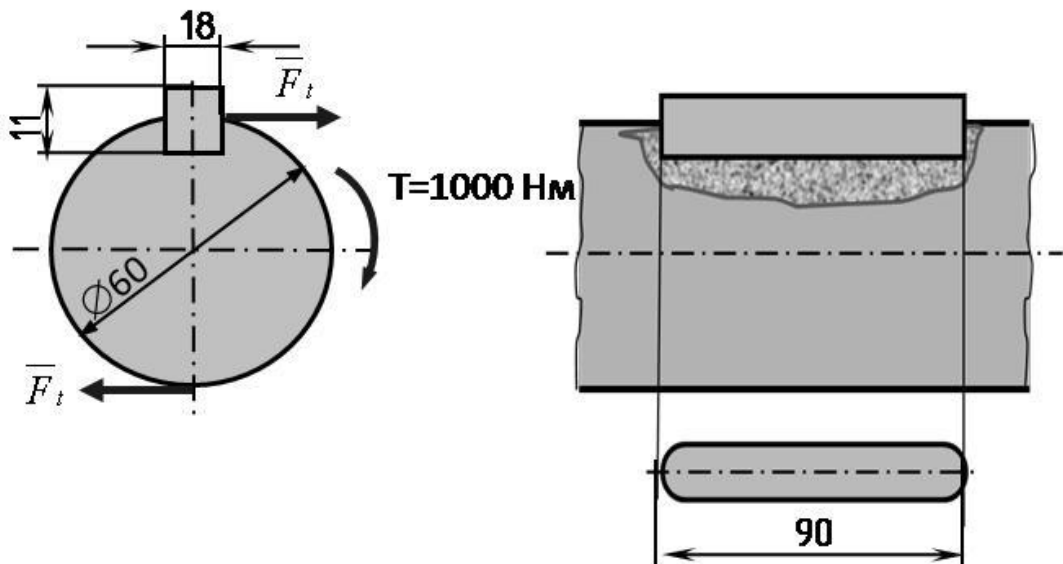


Рисунок 3.2 – Шпонкове з'єднання

2) Перевіримо міцності шпонки на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{F_t}{A_{зр}} \leq [\tau_{зр}]$$

де $A_{зр}$ – площа зрізу шпонки:

$$A_{зр} = b \cdot \ell = 18 \cdot 90 = 1620 \text{ мм}^2$$

F_t – Зрізаюча сила, якою є колове зусилля:

$$F_t = 2T/d_b = 2 \cdot 1000 \cdot 10^3 / 60 = 33,3 \text{ кН}$$

$[\tau_{зр}]$ – допустимі напруження на зріз, обираємо за довідником для матеріалу шпонки Сталь 50, $[\tau_{зр}] = 125 \text{ МПа}$

$$\tau_{зр} = \frac{33,3 \cdot 10^3}{1620} = 20,5 \text{ МПа}$$

$$\tau_{зр} = 20,5 \text{ МПа} < [\tau_{зр}] = 125 \text{ МПа}$$

Умова міцності на зріз виконується.

3) Перевіримо міцність шпонки на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{F_t}{A_{зм}} \leq [\sigma_{зм}]$$

де $A_{зм}$ – площа зминання шпонки:

$$A_{зм} = 0,5 \cdot h \cdot \ell_p = 0,5 \cdot 11 \cdot (90-18) = 396 \text{ мм}^2$$

F_t – сила, що викликає зминання, тобто колова сила.

На зминання працюють всі контактні деталі, тому напруження, що виникають в них однакові (за третім законом Ньютона). У зв'язку з цим перевіряють слід найбільш «слабку» деталь, тобто ту, яка виготовлена з найменш міцного матеріалу.

Визначимо із довідників допустимі напруження для всіх трьох деталей:

- для вала (Сталь 20): $[\sigma_{зм}] = 210 \text{ МПа}$,
- для втулки (Сталь 40ХН): $[\sigma_{зм}] = 360 \text{ МПа}$,
- для шпонки (Сталь 50): $[\sigma_{зм}] = 310 \text{ МПа}$.

Виходячи із отриманих значень допустимих напружень видно, що найменшу міцність на зминання має Сталь 20, тобто слабкою ланкою в цьому з'єднанні є паз вала, для якого допустимі напруження $[\sigma_{зм}] = 210 \text{ МПа}$.

$$\sigma_{зм} = \frac{33,3 \cdot 10^3}{396} = 84,1 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}] = 210 \text{ МПа}$$

Умова міцності на зминання виконується.

Висновок: Конструкція з'єднання не раціональна, тому що за основним критерієм працездатності має запас міцності у 2,5 рази. З метою оптимізації конструкції з'єднання можна взяти шпонку з меншим перерізом, але не менше ніж 16x10. Також можна зменшити і довжину шпонки до 60 мм.

Задача 3: Перевірити шпонку на міцність (рис. 3.2), якщо вал передає крутільний момент $M_{кр}=T= 2800\text{Н}\cdot\text{м}$, допустимі напруження на зріз $[\tau] = 90\text{МПа}$, на зминання $[\sigma_{зм}] = 280\text{МПа}$, діаметр вала $d = 50\text{ мм}$, довжина шпонки $l = 80\text{мм}$, ширина шпонки $b = 16\text{ мм}$, висота шпонки $h = 10\text{мм}$.

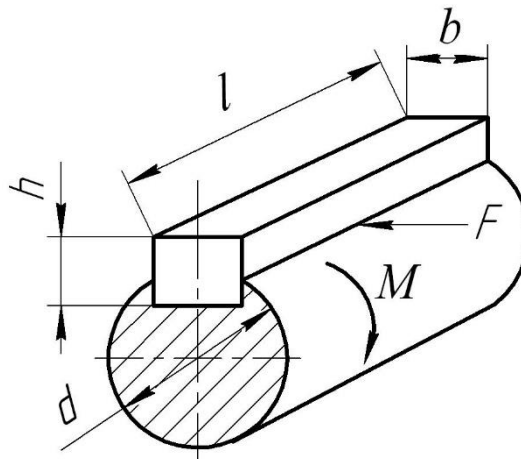


Рисунок 3.3 – Шпонкове з'єднання.

Розв'язання.

1) Визначаємо колове зусилля:

$$F = \frac{2 \cdot T}{d} = \frac{2 \cdot 2800}{0.05} = 112000\text{Н}$$

2) Перевіряємо шпонку на міцність із умови міцності на зріз:

$$\tau_{зр} \frac{F}{A_{зр}} \leq [\tau_{зр}]$$

де: $A_{зр}$ – площа зрізу, $A_{зр} = b \cdot l$

Тоді:

$$\tau_{зр} \frac{112000}{16 \cdot 80} = 87,5\text{МПа} < [\tau_{зр}] = 90\text{МПа}$$

Умова міцності на зріз виконується.

3) Перевіряємо шпонку на міцність із умови міцності на зминання:

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{F}{A_{\text{зм}}} \leq [\sigma_{\text{зм}}]$$

де: $A_{\text{зм}}$ – площа зминання, $A_{\text{зм}} = \ell \cdot 0,5 \cdot h$,

Тоді:

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{112000}{80 \cdot 0,5 \cdot 10} = 280 = [\sigma_{\text{зм}}] = 280 \text{ МПа}$$

Умова міцності на зминання виконується.

Висновок: Міцність шпонки забезпечена.

Задача 4: Визначити кількість заклепок діаметром $d = 20\text{мм}$, необхідних для з'єднання стержня, що складається з двох рівносторонніх кутників $75 \times 75 \times 8$, фасонним місцем, завтовшки $\delta = 10\text{мм}$. При розрахунку прийняти $[\tau] = 120\text{МПа}$, $[\sigma_{\text{зм}}] = 320\text{МПа}$. Зусилля, що розтягує $F = 250\text{кН}$.

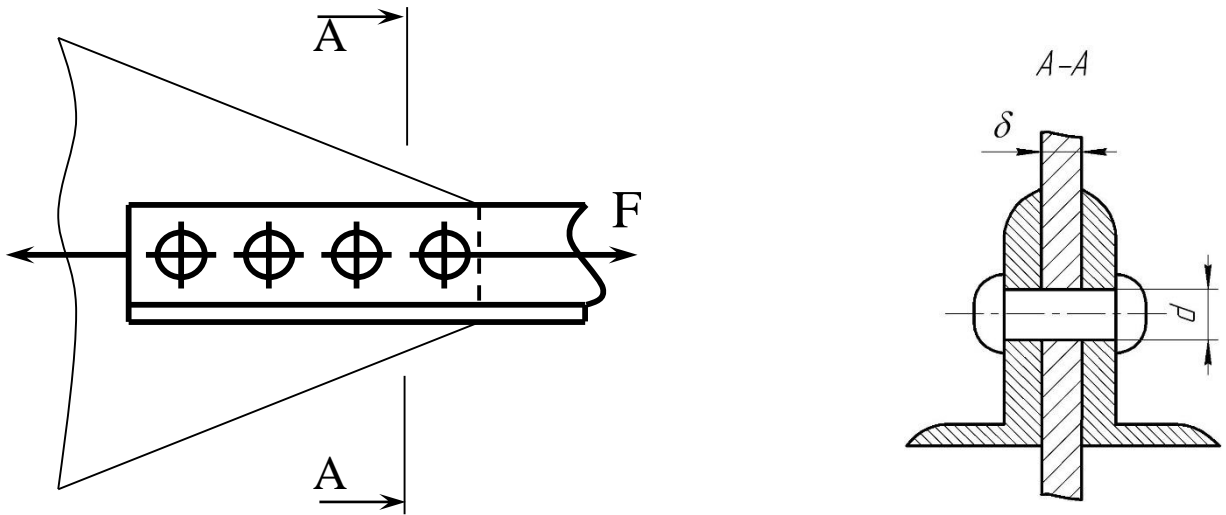


Рисунок 3.4 – Заклепкове з'єднання

Розв'язання.

1) У даній конструкції кожна заклепка працює на зріз по двох площинах (двозрізні заклепки). Площа зрізу однієї заклепки:

$$A_{\text{зр}} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 20^2}{4} = 628 \text{ мм}^2$$

2) Визначимо необхідну кількість заклепок з умови міцності на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{n \cdot A_{зр}} \leq [\tau_{зр}]$$

Тоді:

$$n \geq \frac{F}{A_{зр} \cdot [\tau_{зр}]} = \frac{250000}{628 \cdot 120} = 3,3 \text{ шт.}$$

3) Необхідна кількість заклепок з умови міцності на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{n \cdot A_{зм}} \leq [\sigma_{зм}]$$

де: $A_{зм}$ – площа зминання для однієї заклепки;

$$A_{зм} = \delta \cdot d = 10 \cdot 20 = 200 \text{ мм}^2$$

Тоді:

$$n \geq \frac{F}{A_{зм} \cdot [\sigma_{зм}]} = \frac{250000}{200 \cdot 320} = 3,9 \text{ шт.}$$

Висновок: Слід узяти $n = 4$ заклепки.

Задача 5: Визначити кількість заклепок n та повну ширину листа b , що з'єднується (рис. 3.5), якщо відомо: $F = 240\text{Н}$, допустимі напруження на зріз $[\tau] = 100\text{МПа}$, на зминання $[\sigma]_{зм} = 240\text{МПа}$, на розтяг $[\sigma]_p = 160\text{МПа}$.

Вихідні дані: $d = 20 \text{ мм}$, $t_1 = 10\text{мм}$, $t_2 = 6\text{мм}$.

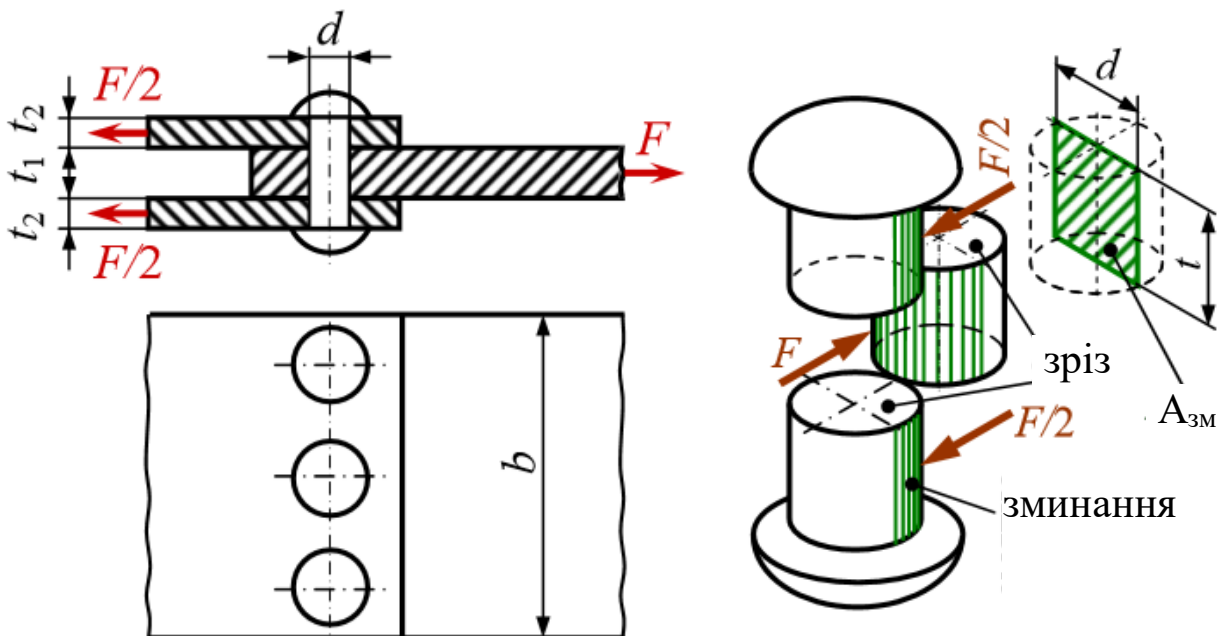


Рисунок 3.5 – Заклепкове з'єднання

Розв'язання

1) Визначаємо кількість заклепок із умови міцності на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{n \cdot A_{зр}} \leq [\tau_{зр}]$$

де $A_{зр}$ – площа зрізу заклепки:

$$A_{зр} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$n \geq \frac{2F}{\pi d^2 [\tau_{зр}]} \geq \frac{2 \cdot 240 \cdot 10^3}{3.14 \cdot 20^2 \cdot 100} \approx 4 \text{ шт}$$

2) Визначаємо кількість заклепок із умови міцності на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{F}{n \cdot A_{зм}} \leq [\sigma_{зм}]$$

де: $A_{зм}$ – площа зминання для однієї заклепки;

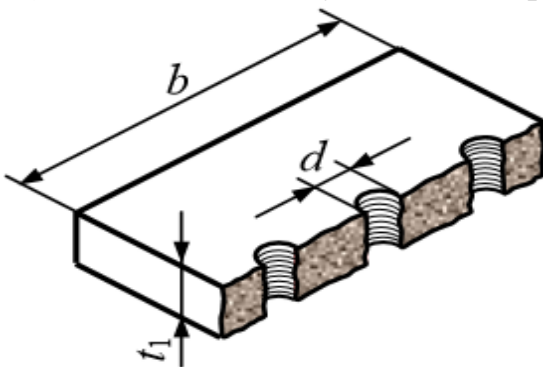
$$A_{зм} = t_1 \cdot d \cdot n$$

Отримаємо:

$$n \geq \frac{F}{t_1 \cdot d \cdot [\sigma_{зм}]} \geq \frac{240 \cdot 10^3}{240 \cdot 20 \cdot 10} \approx 5 \text{ шт}$$

Приймаємо 5 заклепок.

3) Визначити площу “живого перерізу” листа з умови міцності на розрив:



$$\sigma_p = \frac{F}{A_p} \leq [\sigma_p];$$

$$A_p \geq \frac{F}{[\sigma_p]} \geq \frac{240 \cdot 10^3}{160} = 1500 \text{ мм}^2$$

4) Визначити робочу ширину листа, приймаючи до уваги, що:

$$A_p = b_H \cdot t_1 \Rightarrow b_H = \frac{A_p}{t_1} = \frac{1500}{10} = 150 \text{ мм}$$

Тоді повна ширина листа:

$$b = b_H + 5d = 150 + 5 \cdot 20 = 250 \text{ мм}$$

Приймаємо $b = 250$ мм.

Висновок: Визначено кількість заклепок для даного з'єднання $n = 5$ шт. та ширину листа, що з'єднується $b = 250$ мм.

Задача 6: Визначити необхідну довжину зварного шва, що з'єднує дві сталеві штаби, при умові рівномірності штаби на розрив і шва на зріз, якщо допустиме напруження на розтяг для штаби $[\sigma_p] = 140\text{МПа}$, а на зріз для шва $[\tau_{зр}] = 110\text{МПа}$, ширина штаби $b = 75\text{мм}$.

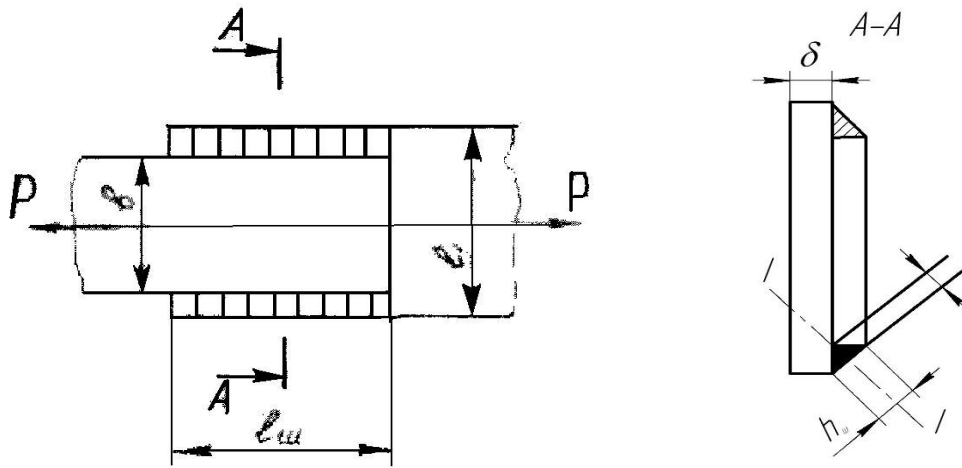


Рисунок 3.6 – Зварне з'єднання

Розв'язання.

1) Запишемо вирази для визначення площі зрізу для шва та площі розриву штаби.

При недостатній довжині шва ℓ може відбутися його зріз по перерізу I-I. Площу зрізу двох швів визначимо по формулі:

$$A_{зр} = 2 \cdot \ell \cdot 0,7 \cdot h = 1,4 \cdot \ell \cdot h,$$

де h – висота шва, $h = \delta$.

$$A_{зр} = 1,4 \cdot \ell \cdot \delta.$$

Площа розриву штаби визначиться так:

$$A_p = b \cdot \delta.$$

2) Складемо умову рівномірності штаби на розрив і шва на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{A_{зр}} \leq [\tau_{зр}] \Rightarrow F = A_{зр} \cdot [\tau_{зр}]$$

$$\sigma_p = \frac{F}{A_p} \leq [\sigma_p] \Rightarrow F = A_p \cdot [\sigma_p]$$

Прирівняємо праві частини обох виразів:

$$A_{зр} \cdot [\tau_{зр}] = A_p \cdot [\sigma_p];$$

або:

$$1,4 \cdot \ell \cdot \delta \cdot [\tau_{зр}] = b \cdot \delta \cdot [\sigma_p].$$

Звідки довжина шва буде дорівнювати:

$$\ell = \frac{b \cdot [\sigma_p]}{1,4 \cdot [\tau_{зр}]} = \frac{7,5 \cdot 140}{1,4 \cdot 110} = 6,82 \text{ см.}$$

Враховуючи можливість непровару, одержану довжину треба збільшити до: $\ell = 8 \text{ см.}$

Висновок: Визначено необхідну довжину зварного шва, що з'єднує дві сталі штаби. Прийнято $\ell = 8 \text{ см.}$

Задача 7: Перевірити на міцність зварний шов довжиною $\ell=150\text{мм}$, що з'єднує два сталі листи товщиною $\delta_1=15\text{мм}$ і $\delta_2=10\text{мм}$, якщо допустиме напруження на зріз для шва $[\tau_{зр}]=110\text{МПа}$, зусилля, що діє на лист $F=90\text{Н}$.

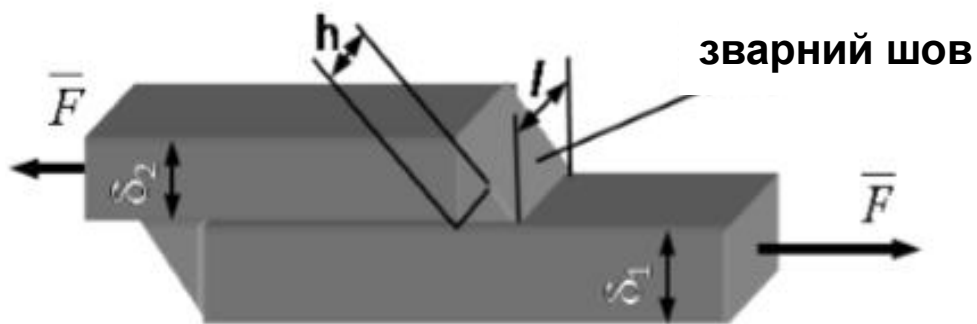


Рисунок 3.7 – Зварне з'єднання

Розв'язання.

1) Визначаємо площу зрізу шва:

$$A_{зр} = \ell \cdot h$$

де h - висота шва, що пов'язана з товщиною деталей, що зварюються співвідношенням:

$$h = \delta_2 \cdot \cos 45^\circ = 0,7 \cdot \delta_2$$

Отже, отримаємо:

$$A_{зр} = 0,7 \ell \cdot \delta_2$$

2) Перевіряємо шов на міцність із умови міцності на зріз:

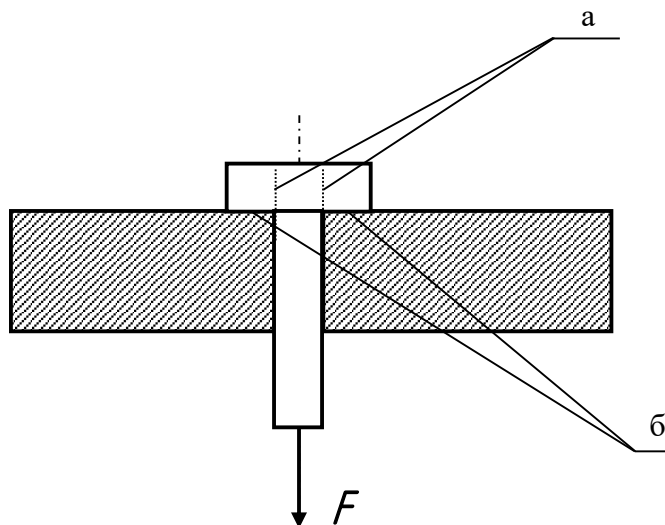
$$\tau_{зр} = \frac{F}{0,7\ell \cdot \delta} = \frac{90 \cdot 10^3}{0,7 \cdot 150 \cdot 10} = 85,7 \text{ МПа}$$

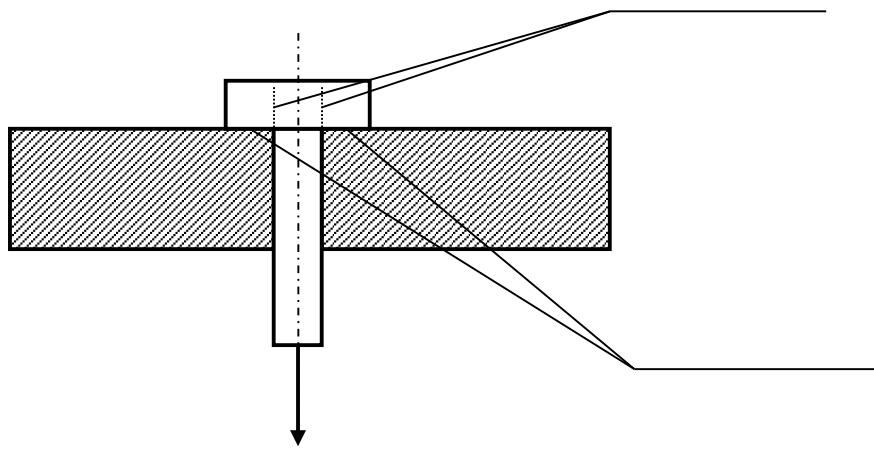
$$\tau_{зр} = 85,7 \text{ МПа} < [\tau_{зр}] = 110 \text{ МПа}$$

Висновок: Міцність зварного шва забезпечена.

4. Контрольні запитання

1. Які напруження виникають при зсуві (зрізі) і зминанні?
2. Вкажіть одиниці вимірювання напруження зсуві (зрізу) і зминання.
3. Напруження при зсуві (зрізі) визначаються за формулою:
 - а) $\sigma = \frac{N}{A}$;
 - б) $\tau = \frac{Q}{A}$;
 - в) $\tau = \frac{M}{W_p}$;
 - г) $\sigma = \frac{M}{W}$;
4. Закон Гука при зсуві (зрізі) встановлює залежність між:
 - а) напруженням і силою;
 - б) напруженням і площею;
 - в) напруженням і деформацією;
 - г) напруженням і масою.
5. Який фізичний зміст має модуль зсуву?
6. Вкажіть одиницю вимірювання модуля пружності другого роду.
 - а) Па;
 - б) Вт;
 - в) безрозмірна;
 - г) Дж.
7. Запишіть умови міцності на зріз і зминання.
8. Яка частина деталі зазнає деформацію зсуву (зрізу), а яка зминання?





ЛІТЕРАТУРА

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов / Н. М. Беляев. – М.: Наука, 1976. – 590 с.
2. Цурпал І.А. Механіка матеріалів і конструкцій: навч. посібник / І.А. Цурпал – К.: Аграрна освіта, 2005. -367 с
3. Степин П.А. Сопротивление материалов: учебник / П.А. Степин. – Изд. 7-е. – М.: Высшая школа, 1983. – 303 с.
4. Ободовский Б.А. Спротивление материалов в примерах и задачах / Б.А. Ободовский – М.: Высшая школа, 1981. – 260 с.
5. Писаренко Г.С. Справочник по сопротивлению материалов / Г.С. Писаренко – К.: Вища школа, 1988. – 243 с.
6. Миролубов И.Н. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов / И.Н. Миролубов – К.: Наукова думка, 1985. – 218 с.

ПРАКТИЧНІ РОЗРАХУНКИ НА ЗРІЗ ТА ЗМІНАННЯ

Методичні вказівки
до практичного заняття
з дисципліни «Інженерна механіка.
Механіка матеріалів і конструкцій»

Укладачі:

**Бондаренко Лариса Юріївна,
Вершков Олександр Олександрович**

Формат 60×84 1/16. Гарнітура Times New Roman.
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.
Наклад 30 примірників