Практична робота №17

Розрахунок шпонкових та шліцевих з’єднань

Вибір допустимих напружень при

шпонкових і шліцьових (зубчастих) з'єднань

Допустимі напруження у нерухомих шпонкових з’єднаннях

, (4.3)

де *σ*T – границя текучості найбільш слабкого матеріалу деталей вала, шпонки чи маточини; *n* – коефіцієнт безпеки (запасу міцності).

Коефіцієнт n визначається для контакту шпонки з кожною деталлю окремо [3]:

– зі сталевими деталями

n = 1,9...2,3 – при нереверсивному мало змінюючому навантаженні;

*n* = 2,9..,3,5 – при навантаженні з частими пусками і зупинками;

*n =* 2,4...4,5 – при реверсивному навантаженні;

— с чавунними деталями [σзм] = 80.. 100 МПа.

У рухливих (в осьовому напрямку) з’єднаннях під навантаженням граничний тиск на шпонку визначається опором заїданню. При незагартованих тертьових поверхнях і малих швидкостях переміщення допустимі напруження приймають рівними [*σ*зм] =10...20 МПа.

Допустимі напруження на зріз шпонок відповідно до рекомендацій [14] приймають [τзp] = 70... 100 МПа.

Відповідно до ГОСТ 21425-75 розрахунок шліцьових з’єднань повинен проводитися на зминання і спрацювання відповідно до основних граничних станів шліцьових з’єднань – зминанням і спрацюванням. З’єднання, навантажені тільки обертаючим моментом, без осьових переміщень, на спрацювання не розраховуються.

Допустимі напруження на зминання прямобічних шліцьових з’єднань [18; 19]

, (4.4)

де *σ*T – границя текучості матеріалу зубів (шліців) меншої твердості, визначають за таблицями механічних характеристик у залежності від термічної обробки; *n* – коефіцієнт запасу міцності вибирають рівним 1,25...1,4, менші значення для незагартованих робочих поверхонь невідповідальних з’єднань, більші – для загартованих робочих поверхонь і відповідальних з’єднань; *Kзм* – загальний коефіцієнт концентрації навантаження при розрахунку на зминання, визначають за рекомендаціями [13;18]; *KД* – коефіцієнт динамічності навантаження, при частому реверсуванні *KД* = 2...2.5.

Допустимі напруження на спрацювання прямобічних шліцьових з’єднань [18]

, (4.5)

де [*σ*у] – допустимий умовний тиск при базовому числі циклів і постійному режимі роботи, деякі значення якого приведені в [18], при роботі з частими реверсами [*σ*у] рекомендується знижувати на 20...25 %; *Kзн* – загальний коефіцієнт концентрації наванта-ження при розрахунку на спрацювання, що враховує вплив нерівномірності шліців; *КД* – коефіцієнт довговічності; *Kp* – коефіцієнт умов роботи; усі три коефіцієнти приймають за даними [13;18].

Наближений розрахунок зубчастих евольвентних з’єднань виконують за формулами для прямобічных з’єднань.

**Приклади розрахунку і конструювання**

**нерознімних з’єднань**

**Задача 5**. Для з’єднання стального зубчастого колеса з валом



(рис. 4.5) підібрати розміри і перевірити міцність призматичної шпонки зі скругленими торцями за наступними даними: діаметр вала *d* = 50 мм; довжина маточини колеса *Lмат*= 70 мм; момент, що передається шпонковим з`єднаням *Т* = 470 Н·м; навантаження спокійне.

Рис. 4.5

*Розв`язання.* 1. Для діаметра вала *d* = 50 мм за даними [24, табл. 5.1] приймаємо розміри перерізу шпонки *b* = 14 мм, *h* =9 мм. Глибина паза *t1*= 5,5 мм.

2. Вибираємо довжину шпонки. При довжині маточини *Lмат*= 70 мм приймаємо довжину шпонки *l* = 63 мм. Робоча довжина шпонки *lp* = *l* – *b* = 63 – 14 = 49 мм.

3. Допустиме напруження зминання [*σзм*] = 120 Н/мм2 (маточина стальна).

4. Розрахункове напруження зминання шпонки за [24, формула (5.1)]:

,

що задовільняє умові міцності.

2. Умовне позначення шпонки:

шпонка 14×9×63 ГОСТ 23360–78.

**Задача 6.** Підібрати нерухоме шліцьове прямобочне з’єднання зубчастого колеса з валом (рис. 4.6) і перевірити міцність шліців по наступним даним: розрахунковий діаметр вала *d* = 40 мм, робоча довжина шліців *l* = 50 мм; момент *Т* = 400 Н·м; навантаження спокійне; робочі поверхні шліців термообробці не підлягають.

*Розв’язання.* 1. За [24, табл. 5.2] приймаємо розміри з’єднання легкої серії, котра рекомендується для нерухомих з`єднань. Для діаметра вала *d* = 40мм:

Рис. 4.6



2. Для вибраного з`єднання приймаємо питомий сумарний статичний момент площі робочих поверхонь *TF*= 211 мм3 за даними [24, табл 5.2].

3. Міцність нерухомого з’єднання перевіряємо за напруженнями зминання. Для з’єднань з незагартованими поверхнями при спокійному навантажені приймаємо допустиме напруження на зминання [*σзм*] = 70 Н/мм2.

4. Розрахункове напруження зминан-ня шліців за [24, формула (5.4)]



Умова міцності з`єднання виконується.

# **Задача 7.** Розрахувати гвинт і гайку домкрата (рис. 4.7) для підйому вантажу масою *m* = 3 т на висоту *l* = 300 мм. Переміщується гвинт. Матеріал гвинта і гайки вибрати самостійно.

*Розв’язання:* 1. Визначаємо силу, яка діє на гвинт,



Рис. 4.7

2. Приймаємо матеріал гвинта Сталь 45, гайки – антифрекційний чавун АС4 і квадратну однозаходну різьбу. Приймаємо допустимий тиск [*p*] = 6 МПа, коефіцієнт висоти різьби *kр*= 0,5, коефіцієнт висоти гайки *kг*= 2,5.

3. Визначаємо середній діаметр різьби *d2* із розрахунку різьби на зносостійкість [20, формула (5.19)]:

.

4. Основні параметри різьби визначаємо за [20, формула (5.20)]. Приймаємо *d2*= 36 мм; висота:

;

зовнішній діаметр різьби:

;

внутрішній діаметр різьби:

;

крок різьби:



Кут нахилу (підйому) гвинтової лінії визначаємо за [20, формула (5.10)]:

звідки *ψ* = 3,6о.

Для матеріалів сталь – чавун приймаємо *f* = 0,15 і за [20, формула (5.11)] *tgϕ* = *f* = 0,5, знаходимо 8,53о.

5. Зовнішній діаметр гайки D визначаємо при умові, що вся осьова сила сприймається тією частиною гайки, яка розташована за межами фланця



де [*σ*]*р* = 38 МПа для чавуна.

6. Визначаємо середній діаметр опорного торця гайки [20, формула (5.7)]:



7. Обертовий момент для підйому вантажу визначаємо за [20, формула (5.13)]:



8. Перевіряємо гвинт на міцність (з урахуванням кручення) [20, формула (5.24)], спочатку визначивши коефіцієнт корисної дії за [20, формула (5.13)]:

.

Тоді



Оскільки допустиме напруження для Сталі 45 [*σ*ст] = 210 МПа > 47,5 МПа, то міцність гвинта при стиску та крученні забезпечена.

9. При перевірці на поздовжній згин визначаємо спочатку приведений момент інерції [20, формула (5.27)]:



10. Приймаємо модуль пружності для сталі *Е* =  МПа; коефіцієнт запасу стійкості приймаємо [*Sу*] = 3; коефіцієнт приведення довжини гвинта при одній жорсткій опорі *μ* = 2. Після чого визначаємо максимальну силу за [20, формула (5.26)]:

.

Оскільки 29400 Н < 111879 Н, то поздовжня стійкість забезпечена.