2.4 Розрахунок вхідного вала – шестерні

2.4.1 Проектний розрахунок

Параметри навантаження по кінематичному розрахунку:

Матеріал – Сталь 25ХГТ, термообробка – цементація:

допустиме напруження кручення;

- з умови міцності на кручення знаходимо розрахунок значення діаметра кінця вала:

по [12], стр. 12, з ряду параметрів кінців валів, берем:

мм;

- відповідно до діаметра кінця, довжина кінця з ряду довгих кінців валів:

мм;

- для посадки фланця на кінці вала приймаємо евольвентне шлицеве з’єднання по [7], стр. 259 з параметрами:

мм – номінальний діаметр;

мм – модуль;

– число шліців;

- центрування по боковим поверхням шліців;

- позначення з’єднання: .

2.5.2 Вибір підшипників

Приймаємо схему установки підшипників врозпір.

Для опори А приймаємо:

шарикопідшипник радіальний:

- серія: легка;

- позначення підшипника: 213;

- параметри підшипника по [8], стр. 393:

мм;

мм;

мм;

Для опори В приймаємо:

2 роликопідшипники радіально – упорні конічний;

- серія: легка;

- позначення підшипника: 7217А;

- параметри підшипника по [9], стр. 243:

мм;

мм;

мм;

- сумарна вантажепідйомність опори по [4], стр. 142:

Відстань від точки прикладення реакції до торця підшипника по [4], стр. 132:

Відстань між точками дії зовнішніх сил та реакцій опор визначаємо на кресленні:

мм;

мм;

- відстані та з урахуванням того, що консольна сила від фланця прикладена посередині кінця вала, [11], стр. 161:

мм;

мм.

2.4.3 Перевірка довговічності підшипників

На опори діють сили від циліндричної передачі редуктора:

направлена вздовж осі ;

направлена вздовж осі;

направлена вздовж осі ;

Знаходимо реакції опор, попередньо склавши відповідні рівняння рівноваги; перед складанням рівнянь напрям реакцій опор невідомий, тому попередньо він співпадає з додатнім напрямом осей, вздовж яких вони направлені.

⟹

⟹

Одержані від’ємні реакції вказують на неправільність позначених напрямків на епюрі

в цьому випадку використовуємо правило «про відємний знак реакцій» при побудові

спрямовуємо у зворотньому напрямі до попереднього.

Крім сил в зачепленні, на опори діють консольні сили від фланців:

[11] стр. 161;

- реакції опор від дії консольних сил:

⟹

⟹

Сумарні реакції опор по [13], стр. 112:

Осьова сила направлена в сторону опори А ⟹ по [4], стр. 134 визначаємо:

По [7], стр. 318, при встановленні підшипників по схемі плаваюча опора – фіксована опора, осьова сила навантажує фіксовану опору, що обмежує осьове переміщення вала, і рівна зовнішній осьовій силі, що діє на вал.

Перевірка опори *A*

Коефіцієнти радіального та осьового навантаження по [4], стр. 134:

- розрахунокове навантаження по [3], стр. 445:

де:

коефіцієнт обертання [3], стр. 445:

коефіцієнт безпеки;

температурний коефіцієнт;

- розрахункове еквівалентне навантаження по [3], стр. 448:

- розрахункова довговічність по [3], стр. 444:

надійність ;

для шарикопідшипників;

для шарикопідшипників

- в годинах:

безпечена.

Перевірка опори

Осьове навантаження на опору B з урахуванням попереднього натягу:

- знаходимо параметр осьового навантаження підшипника по [7], стр. 139:

- коефіцієнт радіального та осьового навантаження по [4], стр. 139:

- розрахункове навантаження по [3], стр. 445:

- розрахункове еквівалентне навантаження по [3], стр. 448:

- розрахункова довговічність по [3], стр. 444:

для конічних роликопідшипників;

забезпечена.

2.4.4 Розрахунок і побудова епюра згинальних моментів

Перевірка

Сумарні моменти

1. 

2.4.5 Перевірка вала на міцність

Допустиме еквівалентне напруження по [3], стр. 413:

коефіцієнт перевантаження.

Граничні втоми матеріалу вала по [3], стр. 415:

- коефіцієнти, що враховують властивості матеріалу реагувати на асиметрію циклу напруг, [3], стр. 416:

Навантаження – реверсивне.

2.4.5.1 Переріз під шестернею

Розміри перерізу:

мм – номінальний діаметр;

мм – модуль;

– число шліців;

– коефіцієнт зміщення;

– коефіцієнт по [4], стр. 278;

мм – ділильний діаметр шліців;

– діаметр отвору у валі (вал суцільний);

мм – діаметр вершин шліців.

Момент інерції при розрахунку на жорсткість по [4], стр. 276:

- момент опору перерізу:

- площа перерізу:

Нормальне напруження в перерізу по [3], стр. 415:

Перевірка на статичну міцність

Дотичне напруження по [3], стр. 415:

- еквівалентне напруження:

- максимальне еквівалентне напруження при короткочасних перегрузках:

умова міцності виконується.

Перевірка на втому

Концентратор напруг – евольвентне шліцеве з’єднання.

Амплітуда нормальних напружень по [3], стр. 416:

- середнє значення нормальних напружень:

- амплітуда дотичних напружень [3], стр. 416:

- середнє значення дотичних напружень:

По [3], стр. 418 приймаємо:

коефіцієнт концентрації напруг;

коефіцієнт концентрації напруг;

коефіцієнт абсолютних розмірів перерізу;

- коефіцієнти запасу міцності по [3], стр. 415:

- загальний коефіцієнт запасу міцності:

нується.

Перевірка міцності шліцевого з’єднання

Умова міцності по напругам змигання:

де:

номінальне значення крутного моменту;

питомий сумарний статичний момент площі робочих поверхонь;

мм – ділильний діаметр;

мм – висота шліця;

мм – робоча довжина з’єднання;

– допустиме напруження зминання для нерухомих цементованих з’єднань;

міцність шліців забезпечена.

2.5 Розрахунок ведомого вала

2.5.1 Проектний розрахунок

Параметри навантаження по кінематичному розрахунку:

Матеріал – Сталь 25ХГТ, термообробка – цементація;

– допустиме напруження кручення;

- розрахункове значення діаметра вала під зубчастим колесом:

- для посадки зубчастого на вал приймаємо шпонкове з’єднання по [7], стр, стр. 488-489 з параметрами:

– довжина шпонки;

– кількість шпонок.

2.5.2 Вибір підшипнків

Приймаємо схему установки підшипників плаваюча опора – фіксована опора.

Для опори А приймаємо:

роликопідшипник радіальний з короткими циліндричними роликами:

- серія: легка;

- позначення підшипника: 32214;

- параметри підшипника по [7], стр. 501:

мм;

мм;

мм;

Для опори В приймаємо:

2 роликопідшипники конічні радіально – упорні;

- серія: середня;

- позначення підшипника: 7214;

- параметри підшипника по [8], стр. 402:

мм;

мм;

мм;

- сумарна вантажепідйомність опори по [4], стр. 142:

Відстань між точками дії зовнішніх сил та реакцій опор визначаємо на кресленні:

мм;

мм;

мм.

2.5.3 Перевірка довговічності підшипників

На опори діють сили від конічної передачі редуктора:

направлена вздовж осі ;

направлена вздовж осі;

направлена вздовж осі ;

На опори діють сили від циліндричної передачі редуктора:

направлена вздовж осі ;

направлена вздовж осі.

Знаходимо реакції опор, попередньо склавши відповідні рівняння рівноваги; перед складанням рівнянь напрям реакцій опор невідомий, тому попередньо він співпадає з додатнім напрямом осей, вздовж яких вони направлені.

⟹

⟹

Одержані від’ємні реакції вказують на неправільність позначених напрямків на епюрі

в цьому випадку використовуємо правило «про відємний знак реакцій» при побудові

спрямовуємо у зворотньому напрямі до попереднього.

Сумарні реакції опор по [13], стр. 112:

Зовнішня осьова сила, що діє на опори:

Осьова сила направлена в сторону опори *B* ⟹ по [4], стр. 134 визначаємо:

По [4], стр. 318, при встановленні підшипників ар схемі фіксована опора – плаваюча опора, осьова сила навантажує фіксовану опору, що обмежує осьове переміщення вала, і рівна зовнішній осьовій силі, що діє на вал.

Перевірка опори *A*

Коефіцієнти радіального та осьового навантаження по [4], стр. 134:

де:

коефіцієнт обертання [3], стр. 445:

коефіцієнт безпеки;

температурний коефіцієнт;

- розрахункове еквівалентне навантаження по [3], стр. 448:

- розрахункова довговічність по [3], стр. 444:

надійність ;

для шарикопідшипників з короткими циліндричними роликами;

для шарикопідшипників

- в годинах:

забезпечена.

Перевірка опори

Осьове навантаження на опору *B* з урахуванням попереднього натягу:

- знаходимо параметр осьового навантаження підшипника по [7], стр. 139:

- коефіцієнт радіального та осьового навантаження по [4], стр. 139:

- розрахункове навантаження по [3], стр. 445:

- розрахункове еквівалентне навантаження по [3], стр. 448:

- розрахункова довговічність по [3], стр. 444:

забезпечена.

2.6.4 Розрахунок і побудова епюр згинальних моментів

Перевірка

Сумарні моменти



2.5.5 Перевірка вала на міцність

Допустиме еквівалентне напруження по [3], стр. 413:

коефіцієнт перевантаження.

Граничні втоми матеріалу вала по [3], стр. 415:

- коефіцієнти, що враховують властивості матеріалу реагувати на асиметрію циклу напруг, [3], стр. 416:

Навантаження – реверсивне.

2.5.5.1 Переріз під зубчастим колесом

Розміри перерізу:

мм – номінальний діаметр;

кількість шпонок;

- момент опору перерізу:

- площа перерізу:

Нормальне напруження в перерізу по [3], стр. 415:

- напруження стиску, викликане осьовою силою:

Перевірка на статичну міцність

Дотичне напруження по [3], стр. 415:

- еквівалентне напруження:

- максимальне еквівалентне напруження при короткочасних перегрузках:

умова міцності виконується.

Перевірка на втому

Концентратор напруг – евольвентне шліцеве з’єднання.

Амплітуда нормальних напружень по [3], стр. 416:

- середнє значення нормальних напружень:

- амплітуда дотичних напружень [3], стр. 416:

- середнє значення дотичних напружень:

По [3], стр. 418 приймаємо:

коефіцієнт концентрації напруг;

коефіцієнт концентрації напруг;

коефіцієнт абсолютних розмірів перерізу;

- коефіцієнти запасу міцності по [3], стр. 415:

- загальний коефіцієнт запасу міцності:

нується.

Перевірка міцності шпонкового з’єднання

Умова міцності по напругам зминання:

пресових посадок;

де:

номінальне значення крутного моменту;

робоча довжина з’єднання;

мм – довжина шпонки;

міцність забезпечена.

Перевірка на зріз проводиться, бо у призматичних шпонок стандартних перерізів розміри *b* і *h* підібрані так, що їх міцність обмежена напругами зминання, а не зрізу, [5] стр. 92.

2.5.5.2 Переріз шестерні

Розміри перерізу:

– коефіцієнт зміщення;

– коефіцієнт по [4], стр. 278;

мм – ділильний діаметр шестерні;

– діаметр отвору у валі (вал суцільний);

мм – зовнішний діаметр шестерні

Момент інерції при розрахунку на жорсткість по [4], стр. 276:

- момент опору перерізу:

- площа перерізу:

Нормальне напруження в перерізу по [3], стр. 415:

- напруження стиску, викликане осьовою силою:

Перевірка на статичну міцність

Дотичне напруження по [3], стр. 415:

- еквівалентне напруження:

- максимальне еквівалентне напруження при короткочасних перегрузках:

умова міцності виконується.