



Рис. 3.2. Графік змінного навантаження

Проектний розрахунок на контактну витривалість та витривалість зубів при згині

Розрахунок

1. Визначити передаточне число:

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{960}{320} = 3.$$

2. Знайти обертальний момент на валі колеса:

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{P_2}{n_2} = 9550 \cdot \frac{5}{320} = 149,2, \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

3. Вибрати матеріал для шестірні і колеса згідно з рекомендаціями [15]: – Сталь 40ХН з поверхневим загартуванням та нагрівом токами високої частоти до твердості 55HRC для шестірні і 50HRC для колеса.

$$\sigma_B = 835 \text{ МПа}; \sigma_T = 540 \text{ МПа}; \text{ згідно [15, табл.2.1].}$$

4. За графіком [22, рис. 12.21] взяти базу випробувань:

- для шестірні $N_{Ho1} = 1,05 \cdot 10^8$;
- для колеса $N_{Ho2} = 8,9 \cdot 10^7$.

База випробувань на згин для шестірні і колеса – $N_{Fo} = 4 \cdot 10^6$.

За [22, формула (12.59)] визначити еквівалентне число циклів за контактними напруженнями.

$$N_{HE} = 60 \cdot c \cdot n \cdot \sum \left[\left(\frac{T_i}{T_{\max}} \right)^3 \cdot t \right];$$

$$N_{HE1} = 60 \cdot 1 \cdot 960 \cdot (1^3 \cdot 0,2 \cdot 20000 + 0,8^3 \cdot 0,4 \cdot 20000 + 0,4^3 \cdot$$

$$N_{HE2} = 60 \cdot 1 \cdot 32 \cdot (1^3 \cdot 0,2 \cdot 20000 + 0,8^3 \cdot 0,4 \cdot 20000 + 0,4^3 \cdot 0,4 \cdot 20000) = 1,65 \cdot 10^8.$$

Знайти коефіцієнт довговічності.

$$1 \leq K_{HL1} = \sqrt[6]{\frac{N_{Ho}}{N_{HE}}} \leq 2,6;$$

$$K_{HL1} = \sqrt[6]{\frac{1,05 \cdot 10^8}{4,95 \cdot 10^8}} = \sqrt[6]{0,21} = 0,77, \text{ взяти } K_{HL1} = 1;$$

$$K_{HL2} = \sqrt[6]{\frac{8,9 \cdot 10^8}{1,65 \cdot 10^8}} = \sqrt[6]{0,54} = 0,9, \text{ взяти } K_{HL2} = 1.$$

За [22, формула (12.76)] визначати еквівалентне число циклів за напруженнями згину.

$$N_{FE} = 60 \cdot c \cdot n \cdot \sum \left[\left(\frac{T_i}{T_{\max}} \right)^9 \cdot t \right];$$

$$N_{FE1} = 60 \cdot 1 \cdot 960 \cdot (1^9 \cdot 0,2 \cdot 20000 + 0,8^9 \cdot 0,4 \cdot 20000 + 0,4^9 \cdot 0,4 \cdot 20000) = 2,9 \cdot 10^8;$$

$$N_{FE2} = 60 \cdot 1 \cdot 32 \cdot (1^9 \cdot 0,2 \cdot 20000 + 0,8^9 \cdot 0,4 \cdot 20000 + 0,4^9 \cdot 0,4 \cdot 20000) = 9,7 \cdot 10^6.$$

За [22, формула(12.74)] знайти коефіцієнт довговічності.

$$1 \leq K_{FL} = \sqrt[9]{\frac{N_{Fo}}{N_{FE}}} \leq 1,6;$$

$$K_{FL1} = \sqrt[9]{\frac{4 \cdot 10^6}{2,9 \cdot 10^8}} = 0,62, \text{ взяти } K_{FL1} = 1;$$

$$K_{FL2} = \sqrt[9]{\frac{4 \cdot 10^6}{9,7 \cdot 10^6}} = 0,9, \text{ взяти } K_{FL1} = 1.$$

5. Визначити межу контрактної витривалості для зубів шестірни і колеса σ_{Ho} і межу витривалості при згині σ_{F_0} , згідно [22, табл. 12.4; 12,6].

$$\sigma_{Ho1} = 17HRC + 200 = 17 \cdot 55 + 200 = 1135, \text{ МПа};$$

$$\sigma_{Ho2} = 17HRC + 200 = 17 \cdot 50 + 200 = 1050, \text{ МПа};$$

$$\sigma_{F01} = 750 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{F02} = 600 \text{ МПа};$$

Коефіцієнт безпеки: $S_H = 1,2$, згідно з [1, с. 183]; $S_F = 1,7$ згідно з [1, с. 191].

Коефіцієнт, що враховує шорсткість спряжених поверхонь зубів $K_{HR} = 0,95$ за даними [22, формула (22.27)].

6. Визначити допустимі контакти напруження, [22, формула (12.57)]

$$[\sigma]_{H1} = \frac{\sigma_{Ho1} \cdot K_{HR1} \cdot K_{HL1}}{S_H} = \frac{1135 \cdot 0,95 \cdot 1}{1,2} = 988,4, \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{H2} = \frac{\sigma_{Ho2} \cdot K_{HR2} \cdot K_{HL2}}{S_H} = \frac{1050 \cdot 0,95 \cdot 1}{1,2} = 914,4, \text{ МПа}.$$

Визначити допустиме контактне напруження, [22, формула (12.64)].

$$[\sigma_H] = 0,45 \cdot ([\sigma]_{H1} + [\sigma]_{H2}) = 0,45(988,4 + 914,4) = 856,26, \text{ МПа}$$

$$856,26 \text{ МПа} \leq 1,23[\sigma]_{H \min};$$

$$[\sigma_H] = 856,26 \leq 1,23 \cdot 914,4 = 1124,7, \text{ МПа}.$$

Визначити напруження згину для шестірни і колеса, [22, формула (12.73)]:

$$[\sigma]_{F1} = \frac{\sigma_{F01} \cdot K_{FL1} \cdot K_{FC}}{S_F} = \frac{750 \cdot 1 \cdot 1}{1,7} = 441,17, \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{F2} = \frac{\sigma_{F02} \cdot K_{FL2} \cdot K_{FC}}{S_F} = \frac{600 \cdot 1 \cdot 1}{1,7} = 352,94, \text{ МПа}.$$

де K_{FC} – коефіцієнт, що враховує вплив двостороннього навантаження зуба. За відсутності реверса $K_{FC} = 1$