

Przedmowa	7
Rozdział 1. WSTĘP	9
Rozdział 2. OBCIĄŻENIA W MASZYNACH	13
2.1. Obciążenia w okresie ruchu ustalonego	13
2.2. Obciążenia w okresach ruchu nieustalonego	30
Rozdział 3. OBLICZENIA WYTRZYMAŁOŚCIOWE I SZTYWNOŚCIOWE	67
3.1. Obliczenia ze względu na wytrzymałość doraźną i ze względu na sztywność	67
3.2. Obliczenia ze względu na zmęczenie	86
Rozdział 4. POŁĄCZENIA ELEMENTÓW	127
4.1. Połączenia wpustowe i wielowypustowe	127
4.2. Połączenia cierne	135
4.3. Połączenia spawane	151
4.4. Połączenia śrubowe i mechanizmy śrubowe	190
4.5. Połączenia nitowe	274
Rozdział 5. ŁOŻYSKA	288
ZAŁĄCZNIKI	330
Załącznik 1. Właściwości wytrzymałościowe wybranych materiałów konstrukcyjnych	330
Załącznik 2. Współczynniki stosowane w obliczeniach zmęczeniowych	334
Załącznik 3. Wymiary gwintów	340
Załącznik 4. Pasowania	345
Załącznik 5. Wymagany współczynnik bezpieczeństwa w obliczeniach wytrzymałościowych	352
Bibliografia	354

Tabela Z4.5. Odchyłki w μm częścię stosowanych znormalizowanych wałków (opracowano na podstawie PN-EN 20286-1:1996)

Wymiar nominalny [mm]		IT8		IT9		IT10		IT11	
od	do	e8	h8	d9	h9	d10	h10	d11	h11
3	6	-20	0	-30	0	-30	0	-30	0
		-38	-18	-60	-30	-78	-48	-105	-75
6	10	-25	0	-40	0	-40	0	-40	0
		-47	-22	-76	-36	-98	-58	-130	-90
10	18	-32	0	-50	0	-50	0	-50	0
		-59	-27	-93	-43	-120	-70	-160	-110
18	30	-40	0	-65	0	-65	0	-65	0
		-73	-33	-117	-52	-149	-84	-195	-130
30	50	-50	0	-80	0	-80	0	-80	0
		-89	-39	-142	-62	-180	-100	-240	-160
50	80	-60	0	-100	0	-100	0	-100	0
		-106	-46	-174	-74	-220	-120	-290	-190
80	120	-70	0	-120	0	-120	0	-120	0
		-126	-54	-207	-87	-260	-140	-340	-220
120	180	-85	0	-145	0	-145	0	-145	0
		-148	-63	-245	-100	-305	-160	-395	-250
180	250	-100	0	-170	0	-170	0	-170	0
		-172	-72	-285	-115	-355	-185	-460	-290
250	315	-110	0	-190	0	-190	0	-190	0
		-191	-81	-320	-130	-400	-210	-510	-320
315	400	-125	0	-210	0	-210	0	-210	0
		-214	-89	-350	-140	-440	-230	-570	-360
400	500	-135	0	-230	0	-230	0	-230	0
		-232	-97	-385	-155	-480	-250	-630	-400

WYMAGANY WSPÓŁCZYNNIK BEZPIECZEŃSTWA W OBLICZENIACH WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH

Metody obliczeń wytrzymałościowych (ze względu na wytrzymałość doraźną i ze względu na wytrzymałość zmęczeniową) wykorzystywane w przykładach prezentowanych w skrypcie oparte są na warunkach

$$n \geq n_{\text{wym}} \quad \text{lub} \quad \sigma \leq \sigma_{\text{dop}}.$$

Naprężenia dopuszczalne σ_{dop} i obliczeniowy współczynnik bezpieczeństwa n występujące w tych warunkach są definiowane przez wyrażenia

$$n = \frac{\sigma_{\text{kr}}}{\sigma}, \quad \sigma_{\text{dop}} = \frac{\sigma_{\text{kr}}}{n_{\text{wym}}},$$

gdzie σ_{kr} to wielkość naprężeń uznana za naprężenia niszczące. W przedstawionych relacjach występuje wymagany współczynnik bezpieczeństwa n_{wym} . Jego stosowanie wynika z ograniczonego zaufania do wyników obliczeń (a ono jest skutkiem ograniczonych możliwości intelektualnych człowieka). W tabeli Z5.1 są podane zakresy wartości współczynnika n_{wym} określone na podstawie wieloletnich doświadczeń człowieka.

Zawarte w tabeli zakresy wartości współczynnika n_{wym} należy traktować jako ogólne zalecenia. W odniesieniu do typowych przypadków elementów i połączeń oraz ich zastosowań zakresy te są na ogół węższe i zostały podane w poszczególnych rozdziałach skryptu.

W odniesieniu do obliczeń konkretnego urządzenia wartość współczynnika bezpieczeństwa n_{wym} powinna być ustalana na podstawie decyzji konstruktora prowadzącego obliczenia. Przy takim doborze wartości n_{wym} należy uwzględnić:

- charakter obliczeń (wstępne czy sprawdzające),
- rodzaj naprężeń (stałe czy zmienne),
- spodziewany rodzaj uszkodzenia (pęknięcie ciągłe czy kruche czy zmęczeniowe – mieszane),
- założony stopień szczegółowości modeli obliczeniowych,

- poziom zaufania do dokładności wykorzystywanych modeli (w tym modeli: eksploatacji projektowanego urządzenia, jego obciążeń zewnętrznych, obciążeń projektowanego fragmentu urządzenia, wyteżeń w tym fragmencie, właściwości wytrzymałościowych przewidzianych materiałów) oraz do danych wykorzystywanych w obliczeniach,
- skutki ewentualnego uszkodzenia projektowanego fragmentu urządzenia.

Tabela Z5.1. Wymagany współczynnik bezpieczeństwa

Rodzaj obliczeń	Rodzaj pęknięcia	Zastosowane modele	Wartość współczynnika bezpieczeństwa n_{wym}	Uwagi
Obliczenia ze względu na wytrzymałość doraźną	ciągliwe	modele podstawowe naprężeń ($\sigma \equiv \sigma_{max}$) i właściwości wytrzymałościowych ($\sigma_{kr} \equiv R_e$)	ogólnie $1 \div 9^{1)}$ zwykle $1,5 \div 2^{1)}$	
	kruche	model zaawansowany naprężeń ($\sigma \equiv \sigma_{max,k}$) oraz model podstawowy wytrzymałości doraźnej ($\sigma_{kr} \equiv R_m$)	$2 \div 4^{1)}$	
Obliczenia ze względu na wytrzymałość zmęczeniową	mieszane	modele podstawowe naprężeń ($\sigma \equiv \sigma_{max}$) i wytrzymałości zmęczeniowej (np. granicy zmęczenia – $\sigma_{kr} \equiv Z_{odp} = Z_{rc}$ lub Z_{ij} lub Z_{go} lub ...)	$1,6 \div 4^{1)}$	stosowane w obliczeniach wstępnych (zgrubnych)
		modele zaawansowane naprężeń ($\sigma_{max,k}$) i wytrzymałości zmęczeniowej (np. granicy zmęczenia $\sigma_{kr} \equiv Z'_{odp} = Z_{odp}c_r c_T$)	$1,1 \div 1,5^{1)}$	stosowane w obliczeniach sprawdzających

¹⁾ W zależności głównie od poziomu zaufania do stosowanych modeli i od skutków ewentualnego uszkodzenia.

BIBLIOGRAFIA

1. Bijak-Żochowski M., Jaworski A., Krzesiński G., Zagrajek T.: Wytrzymałość konstrukcji. T. 1–2. Warszawa, Oficyna Wyd. PW, 2004.
2. Brzoska Z.: Wytrzymałość materiałów. Warszawa, PWN, 1974.
3. Collins J.A., Busby H.R., Staab G.H.: Mechanical Design of Machine Elements and Machines. The Ohio State University, John Wiley and Sons, 2010.
4. Decker K.-H.: Maschinenelemente. München, Carl Hanser Verlag, 1982.
5. Dobrzański L.A.: Materiały inżynierskie. Warszawa, WNT, 2006.
6. Kamiński E.: Podstawy dynamiki maszyn. Warszawa, Oficyna Wyd. PW, 1980.
7. Katalog Główny SKF. 2006.
8. Kocańda S., Szala J.: Podstawy obliczeń zmęczenia. Warszawa, PWN, 1985.
9. Krzemiński-Freda H.: Łożyska toczne. Warszawa, PWN, 1985.
10. Leyko J.: Mechanika ogólna. T. 2. Warszawa, Oficyna Wyd. PW, 2011.
11. Moszyński W.: Wykład elementów maszyn. Cz. I. Warszawa, Państwowe Wyd. Techn., 1955.
12. Mott R.L.: Machine Elements in Mechanical Design. Singapore, Prentice Hall, 2006.
13. Niezgodziński M., Niezgodziński T.: Obliczenia zmęczeniowe elementów maszyn. Warszawa, PWN, 1996.
14. Norton R.L.: Machine Design. An Integrated Approach. Boston, Pearson, 2011.
15. Osiński Z.: Sprzęgła i hamulce. Warszawa, PWN, 1985.
16. Podstawy konstrukcji maszyn. T. 1-3. Red. M. Dietrich. Warszawa, WNT, 1999.
17. Przykłady obliczeń z podstaw konstrukcji maszyn. T. 1-2. Red. E. Mazanek. Warszawa, WNT, 2005.
18. Skoć A., Spalek J.: Podstawy konstrukcji maszyn. T. 1. Warszawa, WNT, 2006.
19. Skoć A., Spalek J., Markusik S.: Podstawy konstrukcji maszyn. T. 2. Warszawa, WNT, 2008.
20. Szala J.: Hipotezy sumowania uszkodzeń zmęczeniowych. Bydgoszcz, Wyd. AT-R, 1998.
21. Szewczyk K.: Połączenia gwintowe. Warszawa, PWN, 1991.
22. Szopa T.: Nierównomierność obciążeń pasm lin dźwigów osobowych. Arch. Bud. Masz., 2, 1982.
23. Szopa T.: Niezawodność i bezpieczeństwo. Warszawa, Oficyna Wyd. PW, 2009.
24. Szopa T.: Podstawy konstrukcji maszyn. Zasady projektowania i obliczeń inżynierskich. Warszawa, Oficyna Wyd. PW, 2012.
25. Szopa T.: Podstawy konstrukcji maszyn. Wybrane problemy projektowania typowych zespołów urządzeń mechanicznych. Warszawa, Oficyna Wyd. PW, 2013.
26. Wojtyra M., Frączek J.: Metoda układów wieloczłonowych w dynamice mechanizmów. Ćwiczenia z zastosowaniem programu ADAMS. Warszawa, Oficyna Wyd. PW, 2007.