

Antoni Skoć | Maciej Kwaśny
Jacek Spalek

Podstawy KONSTRUKCJI MASZYN

tom 3

przekładnie mechaniczne:

- zębate walcowe o stałych osiach,
obiegowe, stożkowe i ślimakowe
- cięgnowe łańcuchowe i pasowe
- cierne

*Pamięci
Profesora Ludwika Müllera
naszego nauczyciela i wychowawcy*

Antoni Skoć | Maciej Kwaśny
Jacek Spałek

Podstawy KONSTRUKCJI MASZYN

tom 3

przekładnie mechaniczne:

- zębate walcowe o stałych osiach, obiegowe, stożkowe i ślimakowe
 - cięgnowe łańcuchowe i pasowe
 - cierne
-

Wydawnictwo WNT 

[Kup książkę](#)

Autorzy:

prof. dr hab. inż. Antoni Skoć – rozdz. 1-11, 15 i 16

dr inż. Maciej Kwaśny – rozdz. 12, 13 i 14

dr inż. Jacek Spalek – rozdz. 18 i 19

Opiniodawcy:

prof. dr hab. inż. Antoni Kalukiewicz

dr hab. inż. Piotr Skawiński

Redaktor: *Mieczysława Kompanowska*

Okładkę i strony tytułowe projektował: Grafos

Wydawca: *Karol Zawadzki*

Koordynatorzy ds. redakcji: *Renata Ziółkowska, Adam Kowalski*

Produkcja: *Mariola Grzywacka*

Dział reklamy: *Agnieszka Borzęcka (agnieszka.borzecka@pwn.com.pl)*

Skład i łamanie: *AnnGraf, Anna Szeląg*

Książka, którą nabyłeś, jest dziełem twórcy i wydawcy. Prosimy, abyś przestrzegał praw, jakie im przysługują. Jej zawartość możesz udostępnić nieodpłatnie osobom bliskim lub osobiście znanym. Ale nie publikuj jej w internecie. Jeśli cytujesz jej fragmenty, nie zmieniaj ich treści i koniecznie zaznacz, czyje to dzieło. A kopiując jej część, rób to jedynie na użytek osobisty.

Szanujmy cudzą własność i prawo.

Więcej na www.legalnakultura.pl.

Polska Izba Książki

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA

Warszawa 2018

ISBN: 978-83-01-19695-0 tom 3

ISBN: 978-83-01-19291-4 całość

Wydanie I

Wydawnictwo Naukowe PWN SA

02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2

tel. 22 69 54 321, faks 22 69 54 288

infolinia 801 33 33 88

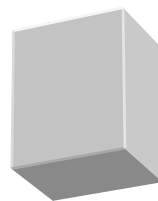
e-mail: pwn@pwn.com.pl; reklama@pwn.pl

www.pwn.pl

Druk i oprawa: OSDW Azymut Sp. z o.o.

Kup książkę

SPIS TREŚCI



PRZEDMOWA	15
1. Wprowadzenie do problematyki przekładni mechanicznych	19
1.1. Funkcje użytkowe przekładni w napędach maszyn	19
1.2. Klasyfikacja ogólna przekładni mechanicznych	21
1.3. Ogólne zasady wyboru przekładni mechanicznych	24
2. Ogólna charakterystyka przekładni zębatych	27
2.1. Wymagania stawiane przekładniom zębatym	27
2.2. Klasyfikacja kół zębatych, podstawowe pojęcia i określenia	29
2.3. Klasyfikacja przekładni zębatych	33
2.4. Podstawy teorii zazębienia, prawo zazębienia	35
2.5. Zarysy boczne zębów	40
2.5.1. Zarys ewolwentowy	41
2.5.1.1. Współpraca zębów o zarysie ewolwentowym	43
2.5.1.2. Podstawowe własności geometryczne uzębienia ewolwentowego	44
2.5.1.3. Zalety i wady zazębienia ewolwentowego	48
2.5.2. Zarys cykliczny i kołowy	49
3. Przekładnie zębate ewolwentowe walcowe o stałych osiach, geometria i kinematyka	53
3.1. Koła walcowe o uzębieniu zewnętrznym i wewnętrznym prostym zerowym	53
3.1.1. Podstawowe własności uzębienia	53
3.1.2. Znormalizowany standardowy zarys odniesienia	60
3.1.3. Przegląd podstawowych metod obróbczych kół walcowych	62
3.1.4. Graniczna liczba zębów	68
3.1.4.1. Graniczna liczba zębów w kole o uzębieniu zewnętrznym	68
3.1.4.2. Graniczna liczba zębów w kole o uzębieniu wewnętrznym	71
3.1.4.3. Graniczna liczba zębów w kole o uzębieniu zewnętrznym współpracującym z kołem o uzębieniu wewnętrznym	72
3.1.5. Interferencja zazębienia	73
3.1.6. Odległość między osiami obrotu kół	78
3.1.7. Wskaźnik zazębienia	79
3.2. Koła walcowe o uzębieniu zewnętrznym i wewnętrznym prostym z przesuniętym zarysem	83

3.2.1.	Uwagi ogólne	83
3.2.2.	Korekcja uzębienia	84
3.2.2.1.	Dolna granica przesunięcia zarysu zęba	87
3.2.2.2.	Górna granica przesunięcia zarysu zęba	88
3.2.3.	Korekcja zazębienia zewnętrznego	90
3.2.3.1.	Korekcja V-O	91
3.2.3.2.	Korekcja V	92
3.2.4.	Korekcja zazębienia wewnętrznego	98
3.2.5.	Dobór współczynników korekcji	101
3.3.	Koła walcowe o uzębieniu zewnętrznym i wewnętrznym skośnym zerowym	107
3.3.1.	Podstawowe własności uzębienia skośnego	107
3.3.2.	Wymiary geometryczne kół i relacje między nimi	112
3.3.3.	Zastępcza liczba zębów	116
3.3.4.	Graniczna liczba zębów	118
3.3.5.	Odległość między osiami obrotu kół	119
3.3.6.	Wskaźnik zazębienia	119
3.4.	Koła o uzębieniu zewnętrznym i wewnętrznym skośnym z przesuniętym zarysem	123
3.4.1.	Uwagi ogólne	123
3.4.2.	Korekcja V-O	125
3.4.3.	Korekcja V	125
3.5.	Koła walcowe o uzębieniu daszkowym (strzałkowym)	126
3.6.	Luz międzyzębny, przesunięcie obróbcze	127
3.6.1.	Uwagi ogólne	127
3.6.2.	Luz wierzchołkowy	128
3.6.3.	Luz boczny normalny i obwodowy	129
3.6.4.	Obróbcze przesunięcie zarysu w aspekcie luzu międzyzębnego	130
3.6.4.1.	Wzory obliczeniowe dla niektórych wielkości geometrycznych kół z uwzględnieniem korekcji obróbczej	133
3.7.	Modyfikacja powierzchni bocznej zęba	134
3.7.1.	Modyfikacja zarysu	134
3.7.2.	Modyfikacja linii zęba	138
3.8.	Kinematyka zazębienia ewolwentowego, poślizg międzyzębny	142
3.8.1.	Ruch względny współpracujących zarysów	142
3.8.2.	Poślizg międzyzębny	144
3.9.	Straty mocy w zazębieniu, sprawność przekładni	147
3.10.	Przykłady obliczeń	149
4.	Przekładnie walcowe o kołowo-łukowym zarysie zębów	159
4.1.	Uwagi ogólne	159
4.2.	Podstawy geometrii zazębienia o kołowo-łukowym zarysie zębów	161
4.3.	Wymiary geometryczne uzębienia o kołowo-łukowym zarysie zębów	164
4.4.	Zalety i wady przekładni o kołowo-łukowym zarysie zębów	167
5.	Przekładnie stożkowe, geometria i kinematyka	169
5.1.	Ogólna charakterystyka przekładni stożkowych	169
5.2.	Podstawowe własności zazębienia kół stożkowych	174
5.3.	Geometria przekładni stożkowych	177
5.3.1.	Stożki dopełniające	177
5.3.2.	Zarys odniesienia	179

5.3.3.	Koła stożkowe o zębach prostych oraz odpowiadające im zastępcze koła walcowe wytrzymałościowo równoważne	182
5.3.4.	Koła stożkowe o zębach skośnych i krzywoliniowych oraz odpowiadające im zastępcze koła walcowe wytrzymałościowo równoważne	187
5.3.5.	Wymiary wysokościowe zębów	194
5.3.6.	Zasady doboru liczby zębów dla zębnika i koła	197
5.3.7.	Graniczna liczba zębów	198
5.3.8.	Przesunięcie zarysu	199
5.4.	Wskaźnik zazębienia	202
5.5.	Luzy międzyzębne	206
5.5.1.	Luz wierzchołkowy	206
5.5.2.	Luz boczny	208
5.6.	Kinematyka przekładni, kąty stożków podziałowych	208
5.7.	Straty mocy w zazębieniu, sprawność przekładni	210
5.8.	Przykłady obliczeń	211
6.	Obciążenie przekładni zębatych walcowych i stożkowych o stałych osiach	219
6.1.	Wprowadzenie	219
6.2.	Siły nominalne w przekładni walcowej	220
6.2.1.	Siły międzyzębne w kołach o uzębieniu prostym	220
6.2.2.	Siły międzyzębne w kołach o uzębieniu skośnym	222
6.3.	Siły nominalne w przekładni stożkowej	224
6.3.1.	Siły międzyzębne w kołach o uzębieniu prostym	224
6.3.2.	Siły międzyzębne w kołach o uzębieniu skośnym i krzywoliniowym	226
6.4.	Obciążenie obliczeniowe, sztywność zazębienia	228
6.4.1.	Uwagi ogólne	228
6.4.2.	Współczynnik zastosowania K_A	231
6.4.3.	Współczynnik sił dynamicznych K_v	233
6.4.3.1.	Uwagi ogólne	233
6.4.3.2.	Wyznaczanie współczynnika sił dynamicznych K_v	234
6.4.4.	Współczynnik nierównomiernego rozkładu obciążenia wzdłuż linii styku zębów K_β	246
6.4.4.1.	Rozkład obciążenia wzdłuż linii styku w świetle ogólnym	246
6.4.4.2.	Współczynnik rozkładu obciążenia wzdłuż linii styku zębów według metody B	251
6.4.5.	Współczynnik rozdziału obciążenia na pary zębów w przyporze K_α	260
7.	Wytrzymałość kół walcowych	263
7.1.	Informacje wstępne	263
7.2.	Ogólne uwagi o rodzajach uszkodzeń i trwałości eksploatacyjnej zębów	265
7.3.	Wytrzymałość podstawy zęba na zginanie	270
7.3.1.	Warunek wytrzymałości	270
7.3.2.	Naprężenia u podstawy zęba	270
7.3.3.	Naprężenie obliczeniowe u podstawy zęba	272
7.3.3.1.	Współczynnik kształtu zęba Y_F	274
7.3.3.2.	Współczynnik korekcji naprężeń Y_S	279
7.3.3.3.	Współczynnik kąta pochylenia linii zęba Y_β	281
7.3.4.	Naprężenie dopuszczalne i graniczna wytrzymałość podstawy zęba na zginanie	282

7.3.4.1.	Współczynnik trwałości Y_{NT}	284
7.3.4.2.	Współczynnik korekcji naprężeń Y_{ST} dla standardowego koła-próbki	286
7.3.4.3.	Względny współczynnik wrażliwości na działanie karbu $Y_{\delta rel T} (Y_{\delta rel TS})$	287
7.3.4.4.	Względny współczynnik stanu powierzchni $Y_{R rel T}$	289
7.3.4.5.	Współczynnik wielkości zęba Y_X	291
7.3.4.6.	Bazowa wytrzymałość zmęczeniowa podstawy zęba koła-próbki na zginanie $\sigma_{F lim}$	292
7.3.5.	Sprawdzanie wytrzymałości podstawy zęba na zginanie	296
7.3.5.1.	Współczynnik bezpieczeństwa S_F dla naprężeń u podstawy zęba	296
7.4.	Wytrzymałość stykowa boku zęba	298
7.4.1.	Warunek wytrzymałości stykowej boku zęba	298
7.4.2.	Naprężenia stykowe	299
7.4.3.	Obliczeniowe naprężenie stykowe	302
7.4.3.1.	Współczynniki miarodajnego naprężenia Z_B i Z_D	303
7.4.3.2.	Współczynnik strefy nacisku Z_H	305
7.4.3.3.	Współczynnik przyporu Z_ϵ	305
7.4.3.4.	Współczynnik kąta pochylenia linii zęba Z_β	307
7.4.4.	Dopuszczalne naprężenie stykowe, graniczna wytrzymałość boku zęba na pitting	308
7.4.4.1.	Współczynnik trwałości Z_{NT}	310
7.4.4.2.	Wpływ warstewki smaru na wytrzymałość stykową zęba, współczynniki Z_L , Z_v i Z_R	311
7.4.4.3.	Współczynnik umocnienia materiału Z_W	317
7.4.4.4.	Współczynnik wielkości zęba Z_X	317
7.4.5.	Umowna (bazowa) granica wytrzymałości boku zęba na zmęczenie stykowe $\sigma_{H lim}$	318
7.4.6.	Sprawdzanie wytrzymałości stykowej boku zęba	321
7.4.6.1.	Współczynnik bezpieczeństwa S_H dla naprężeń stykowych	322
7.5.	Sprawdzanie odporności zazębienia na zatarcie	323
7.5.1.	Charakterystyka ogólna zjawiska zatarcia, zasady oceny odporności boku zęba na zatarcie	323
7.5.2.	Ogólne czynniki i wielkości wpływające na temperaturę obliczeniową – maksymalną i średnią	325
7.5.2.1.	Lepkość środka smarowego	325
7.5.2.2.	Współrzędna punktu przyporu, zastępczy promień krzywizny	325
7.5.2.3.	Prędkość przemieszczania się źródła ciepła	327
7.5.2.4.	Współczynnik tarcia	328
7.5.2.5.	Rozkład siły wzdłuż odcinka zazębienia	330
7.5.3.	Chwilowy przyrost temperatury wzdłuż odcinka przyporu	331
7.5.4.	Średnia wartość temperatury chwilowej	335
7.5.5.	Temperatura powierzchni zębów przed wejściem w strefę obciążenia	338
7.5.6.	Kryterium zatarcia z uwagi na maksymalną temperaturę powierzchni zębów w strefie kontaktu	339
7.5.7.	Kryterium zatarcia z uwagi na średnią temperaturę powierzchni zębów w strefie kontaktu	340
7.5.8.	Temperatura zatarcia	341
7.5.9.	Współczynnik bezpieczeństwa ze względu na zatarcie	344
7.6.	Sprawdzanie kół na zagrzanie	345

8. Wytrzymałość kół stożkowych	347
8.1. Uwagi ogólne o stosowanych metodach obliczeń wytrzymałościowych	347
8.2. Obciążenie obliczeniowe	348
8.2.1. Współczynnik zastosowania K_A	348
8.2.2. Współczynnik sił dynamicznych K_v	348
8.2.3. Współczynnik rozkładu obciążenia K_{β} po szerokości wieńca zębatego	349
8.2.4. Współczynnik rozdziału obciążenia K_{α} na pary zębów w przypożerze	351
8.3. Wytrzymałość podstawy zęba na zginanie	353
8.3.1. Uwagi ogólne	353
8.3.2. Warunek wytrzymałości zęba na zginanie	353
8.3.3. Naprężenia obliczeniowe u podstawy zęba	353
8.3.4. Naprężenie dopuszczalne i graniczna wytrzymałość podstawy zęba na zginanie	354
8.4. Wytrzymałość stykowa boku zęba	355
8.4.1. Uwagi ogólne	355
8.4.2. Naprężenie obliczeniowe	355
8.4.3. Naprężenie dopuszczalne i graniczna wytrzymałość stykowa boku zęba	356
8.5. Sprawdzanie zazębienia na zatarcie	357
8.6. Sprawdzanie kół na zagrzanie	357
9. Przekładnie obiegowe	359
9.1. Informacje ogólne	359
9.2. Podstawowe własności przekładni obiegowych	360
9.2.1. Ogólne pojęcia i terminy	360
9.2.2. Przełożenie	362
9.2.2.1. Wyznaczanie przełożenia metodą analityczną	364
9.2.2.2. Wyznaczanie przełożenia metodą graficzno-analityczną	366
9.2.3. Liczba stopni swobody	371
9.3. Podstawowe równania charakteryzujące przekładnie obiegowe	374
9.4. Sprawność i obciążenie przekładni	375
9.4.1. Uwagi wstępne	375
9.4.2. Sprawność bazowa	376
9.4.3. Momenty obrotowe i siły obwodowe	378
9.4.4. Sprawność przekładni	378
9.5. Przepływ mocy	382
9.6. Przykłady obliczeń	384
10. Przekładnie śrubowe o wchrowatych osiach obrotu kół	391
10.1. Właściwości i rodzaje przekładni	391
10.2. Przekładnie walcowe o wchrowatych osiach	393
10.2.1. Wielkości geometryczne, przełożenie oraz wskaźnik zazębienia	393
10.2.2. Poślizg międzyzębny	395
10.2.3. Obciążenie przekładni	397
10.2.4. Sprawność przekładni	398
10.2.5. Sprawdzanie odporności zazębienia na zatarcie, smarowanie przekładni	399

10.3. Przekładnie stożkowe o wichrowatych osiach	401
10.3.1. Uwagi ogólne	401
10.3.2. Prędkości poślizgu międzyzębnego	403
10.3.3. Właściwości przekładni hipoidalnych	405
11. Przekładnie ślimakowe	407
11.1. Ogólna charakterystyka przekładni ślimakowych	407
11.2. Wielkości geometryczne ślimaka walcowego	410
11.3. Wielkości geometryczne koła ślimakowego	416
11.3.1. Graniczna liczba zębów, przesunięcie zarysu	419
11.4. Współpraca ślimaka z kołem ślimakowym	419
11.5. Dokładność wykonania ślimaka i ślimacznicy	425
11.6. Siły międzyzębne, sprawność przekładni	426
11.7. Sztywność ślimaka	431
11.8. Wytrzymałość przekładni ślimakowej	434
11.8.1. Uwagi ogólne	434
11.8.2. Wytrzymałość stykowa zębów ślimacznicy	435
11.8.3. Wytrzymałość zębów ślimacznicy na zginanie	438
11.8.4. Sprawdzanie stanu termicznego przekładni	441
12. Dokładność wykonania przekładni, wiadomości podstawowe	445
12.1. Znaczenie systemu tolerancji i pasowań w wytwarzaniu kół zębatych	445
12.2. Dobór dokładności wykonania	448
13. Materiały stosowane na koła zębate	453
13.1. Wymagania stawiane materiałom na koła zębate	453
13.2. Stale i staliwa stosowane na koła zębate	455
13.2.1. Stale i staliwa zwykłej jakości	456
13.2.2. Stale w stanie normalizowanym	457
13.2.3. Stale do ulepszania cieplnego	457
13.3. Żeliwa stosowane na koła zębate	459
13.4. Inne materiały stosowane na koła zębate	460
13.5. Obróbka cieplna i cieplno-chemiczna kół	461
13.5.1. Utwardzanie powierzchni zębów	461
13.5.1.1. Nawęglanie	461
13.5.1.2. Węgloazotowanie (cyjanowanie)	463
13.5.1.3. Azotowanie	464
13.5.1.4. Hartowanie indukcyjne i płomieniowe	465
13.5.1.5. Mechaniczne umacnianie warstwy wierzchniej zębów	466
14. Smarowanie przekładni zębatych	467
14.1. Zasadnicze cele smarowania przekładni	467
14.2. Klasyfikacja i właściwości środków smarowych	468
14.3. Dobór środka smarowego według teorii smarowania elastohydrodynamicznego	473
14.4. Sposoby smarowania przekładni zębatych	478
14.4.1. Smarowanie zanurzeniowe	478
14.4.2. Smarowanie obiegowe	480

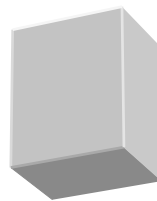
15. Hałasowanie przekładni zębatych, przyczyny	485
15.1. Informacje wstępne	485
15.2. Przyczyny powstawania hałasu w przekładniach zębatych	486
15.2.1. Wpływ odchyłek wykonawczych uzębienia	487
15.2.2. Wpływ wskaźnika zazębienia	489
15.2.3. Wpływ liczby zębów	490
15.2.4. Wpływ szerokości koła (wieńca zębatego)	491
15.2.5. Wpływ modyfikacji zarysu i linii zęba	491
15.2.6. Wpływ stanu bocznych powierzchni zębów	493
15.2.7. Wpływ smarowania	493
15.2.8. Wpływ postaci konstrukcyjnej korpusu	494
15.3. Środki zaradcze podejmowane w celu redukcji hałasu emitowanego przez przekładnię zębatą	496
16. Projektowanie przekładni zębatych	499
16.1. Uwagi wstępne	499
16.2. Projektowanie przekładni walcowych o nieruchomych osiach obrotu kół	500
16.2.1. Wytyczne doboru podstawowych cech konstrukcyjnych	500
16.2.1.1. Ustalanie liczby stopni redukcji oraz przełożeń na danym stopniu	500
16.2.1.2. Wytyczne doboru względnej szerokości wieńca zębatego b/d_1	503
16.2.1.3. Wytyczne doboru kąta pochylenia linii zęba β	505
16.2.1.4. Wytyczne doboru liczby zębów zębnika z_1	506
16.2.1.5. Wyznaczanie liczby zębów koła z_2	508
16.2.1.6. Wytyczne doboru korekcji zazębienia	509
16.2.1.7. Wytyczne doboru zarysu odniesienia	509
16.2.1.8. Wytyczne doboru środka smarowego	510
16.2.1.9. Wytyczne doboru klasy dokładności wykonania	512
16.2.2. Wielkości wyjściowe do wyznaczania podstawowych parametrów przekładni	512
16.2.2.1. Moment równoważny	513
16.2.2.2. Przełożenie całkowite, liczba stopni redukcji oraz przełożenie na poszczególnych stopniach	515
16.2.3. Wyznaczanie podstawowych wielkości geometrycznych kół	516
16.2.3.1. Średnica podziałowa zębnika	516
16.2.3.2. Moduł normalny zęba	518
16.2.3.3. Liczba zębów w kole	519
16.2.3.4. Szerokość czynna wieńca zębatego	520
16.2.3.5. Sprawdzanie podstawowych warunków geometrycznych	520
16.2.4. Obliczanie wielkości geometrycznych kół	521
16.2.4.1. Zakres zastosowania	521
16.2.4.2. Parametry geometryczne przekładni o uzębieniu nacinanym narzędziem-zębatką	521
16.2.4.3. Parametry geometryczne kół o uzębieniu nacinanym dłutakiem <i>Fellowsa</i>	527
16.2.4.4. Parametry geometryczne walcowych kół zastępczych w przekroju czołowym	528
16.2.5. Sprawdzanie warunków wytrzymałościowych	529
16.2.5.1. Uwagi wstępne	529

16.2.5.2. Sprawdzanie wytrzymałości zmęczeniowej i statycznej podstawy zęba na zginanie	530
16.2.5.3. Sprawdzanie wytrzymałości zmęczeniowej i statycznej boku zęba na pitting	532
16.2.5.4. Sprawdzanie odporności zazębienia na zatarcie	534
16.2.6. Zasady wyznaczania wielkości podstawowych przekładni walcowej oraz sprawdzania warunków wytrzymałościowych zazębienia	535
16.2.7. Algorytm komputerowego wspomaganie projektowania walcowej przekładni zębatej	538
16.2.8. Przykład obliczeń	540
16.2.9. Uwagi ogólne o kształtowaniu kół zębatych oraz o postaciach konstrukcyjnych przekładni walcowych	552
16.3. Projektowanie przekładni stożkowych, sprawdzanie warunków wytrzymałościowych	559
16.3.1. Wyznaczanie podstawowych wielkości geometrycznych kół	559
16.3.1.1. Średnica podziałowa w przekroju środkowym zębownika	560
16.3.1.2. Moduł normalny zęba w przekroju środkowym koła	561
16.3.2. Obliczanie wielkości geometrycznych kół	562
16.3.2.1. Uwagi wstępne	562
16.3.2.2. Parametry geometryczne kół stożkowych	563
16.3.2.3. Parametry geometryczne zastępczych kół walcowych	570
16.3.3. Sprawdzanie warunków wytrzymałościowych	572
16.3.3.1. Uwagi wstępne	572
16.3.3.2. Sprawdzanie wytrzymałości zmęczeniowej i statycznej podstawy zęba na zginanie	573
16.3.3.3. Sprawdzanie wytrzymałości zmęczeniowej i statycznej boku zęba na pitting	576
16.3.3.4. Sprawdzanie odporności zazębienia na zatarcie	578
16.3.4. Zasady postępowania przy określaniu wielkości podstawowych oraz sprawdzaniu warunków wytrzymałościowych przekładni stożkowych	579
16.3.5. Algorytm komputerowego wspomaganie projektowania przekładni zębatej	581
16.3.6. Przykład obliczeń	583
16.3.7. Uwagi ogólne o kształtowaniu kół zębatych oraz o postaciach konstrukcyjnych przekładni stożkowych	603
16.4. Projektowanie prostych przekładni obiegowych	607
16.4.1. Wprowadzenie	607
16.4.2. Warunek współosiowości i montażu kół	608
16.4.2.1. Wyznaczanie liczby zębów i przełożeń	610
16.4.3. Warunek sąsiedztwa kół obiegowych	612
16.4.4. Warunek równomiernego rozmieszczenia kół obiegowych	613
16.4.5. Siła obwodowa w kołach	613
16.4.6. Spostrzeżenia końcowe, przykłady rozwiązań konstrukcyjnych	614
16.5. Projektowanie przekładni ślimakowych	616
16.5.1. Uwagi wstępne	616
16.5.2. Wyznaczanie modułu zęba ślimaka i ślimacznicy oraz odległości między osiami obrotu kół	617
16.5.3. Zasady określania wielkości podstawowych oraz sprawdzania warunków wytrzymałościowych przekładni ślimakowych	618
16.5.4. Przykład obliczeń	620
16.5.5. Przykłady rozwiązań konstrukcyjnych przekładni ślimakowych	629

17. Przekładnie pasowe	635
17.1. Cechy użytkowe oraz podstawowe parametry i układy konstrukcyjne	635
17.1.1. Ciągna przekładni pasowych	639
17.1.2. Podstawowe parametry użytkowe przekładni pasowych	642
17.2. Zjawisko sprzężenia ciernego cięgna pasowego z kołem	644
17.2.1. Przenoszenie obciążenia w przekładni z pasami klinowymi	649
17.3. Przekładnie pasowe z cięgnem zębatym	650
17.4. Podstawy obliczeń konstrukcyjnych przekładni pasowych o sprzężeniu ciernym	651
17.4.1. Obliczenia wielkości geometrycznych	651
17.4.2. Określenie sił oddziałujących na główne elementy przekładni pasowej	653
17.4.3. Określenie parametrów kinematycznych przekładni pasowej wynikających z przenoszonego obciążenia roboczego	655
17.5. Zagadnienie napięcia wstępnego cięgna przekładni pasowej o sprzężeniu ciernym	657
17.6. Główne zasady projektowania przekładni pasowych	659
17.7. Przykład obliczeniowy	661
18. Przekładnie łańcuchowe	667
18.1. Budowa i zasada działania przekładni łańcuchowych	668
18.2. Rodzaje cięgien łańcuchowych	672
18.3. Koła przekładni łańcuchowych	675
18.4. Nierównomierność współpracy cięgna z kołem łańcuchowym	677
18.5. Podstawowe obliczenia przekładni łańcuchowych	680
18.5.1. Określanie podstawowych wielkości geometrycznych przekładni łańcuchowej	680
18.5.2. Siły występujące podczas pracy przekładni łańcuchowej	683
18.6. Projektowanie przekładni łańcuchowych	689
18.7. Smarowanie i zasady użytkowania przekładni łańcuchowych	692
18.8. Przykład obliczeniowy	694
19. Przekładnie cierne	699
19.1. Istota przenoszenia obciążenia przez przekładnie cierne	700
19.2. Zagadnienie współczynnika tarcia i materiałów stosowanych w konstruowaniu przekładni ciernych	702
19.3. Rodzaje przekładni ciernych	708
19.4. Podstawy konstruowania przekładni ciernych	710
19.4.1. Przekładnie o stałym przełożeniu	710
19.4.2. Przekładnie o regulowanym przełożeniu (przekładnie bezstopniowe)	713
19.4.3. Zagadnienie poślizgu w przekładniach ciernych	715
19.5. Obliczenia konstrukcyjne przekładni ciernych	717
19.5.1. Nośność przekładni ze względu na kryterium sprzężenia ciernego kół	717
19.5.2. Weryfikacja wytrzymałościowa przekładni ciernych ze względu na naprężenia stykowe	719
19.5.3. Weryfikacja trwałości kół ciernych ze względu na zużycie ściernie	721

19.5.4. Weryfikacja stanu cieplnego kół ciernych	722
19.6. Przykłady obliczeniowe	722
BIBLIOGRAFIA	729
SKOROWIDZ	737

PRZEDMOWA



Poprawność działania systemów mechanicznych jest jednym z zasadniczych zagadnień w wielu dziedzinach techniki. W dużej mierze zależy ona od stanu wiedzy technicznej konstruktorów, wytwórców oraz użytkowników tych systemów. Wiedzę z tego zakresu zwykle zdobywa się na studiach technicznych, między innymi w ramach przedmiotu *Podstawy konstrukcji maszyn* (w skrócie PKM), który stanowi interdyscyplinarną dziedzinę naukowo-dydaktyczną w obszarze inżynierii mechanicznej, a zwłaszcza w zakresie budowy maszyn.

Intensywny rozwój nauk wchodzących w zakres budowy i eksploatacji maszyn, wdrażanie do produkcji nowych materiałów konstrukcyjnych o zróżnicowanych właściwościach mechanicznych i technologicznych oraz postęp w dziedzinie technik obliczeniowych, powodują konieczność opracowania nowego podręcznika akademickiego, który będzie uwzględniał aktualny stan wiedzy.

Podręcznik *Podstawy konstrukcji maszyn* (tom 3) jest dopełnieniem treści zawartych w tomach 1. i 2. wydanych nakładem WNT w latach 2006 i 2008 [119], [120]. Każdy z trzech tomów stanowi odrębną całość. Starano się w nich w możliwie przystępny sposób przedstawić ogólne podstawy, kierunki i praktyczne zastosowania metod wytrzymałościowej analizy elementów i układów konstrukcyjnych stosowanych w budowie maszyn. Zaakcentowano znaczenie badań doświadczalnych, które powinny stanowić podstawę dociekań teoretycznych i umożliwiać ich weryfikację w praktyce. Opanowanie przedstawionych w tych pracach zależności teoretycznych umożliwi konstruktorowi maszyny ocenę wpływu poszczególnych parametrów na uzyskane wyniki, a tym samym właściwy ich dobór, bądź też ewentualne świadome zmodyfikowanie danych wejściowych.

Książka *Podstawy konstrukcji maszyn* (tom 1, 2 i 3) zawiera szeroko pojętą tematykę związaną z konstruowaniem maszyn, nie stanowi więc podręcznika akademickiego w ścisłym tego słowa znaczeniu. Jest dostosowana przede wszystkim do przedmiotu podstawy konstrukcji maszyn, jednak znacznie wykracza poza jego zakres [24]. Może być pomocna w studiowaniu innych przedmiotów związanych z budową maszyn, takich jak teoria konstrukcji, niezawodność, maszynoznawstwo itp. Poszczególne rozdziały są tak napisane, aby mogli z niej korzystać