

**Куклин, Н. Г.** Детали машин : учебник / Н. Г. Куклин, Г. С. Куклина, В. К. Житков. — 9-е изд., перераб. и доп. — Москва : Курс : Инфра-М, 2016. — 510, [1] с. : ил. — Библиогр. : с. 505.

УДК 621.81(075.8)

ББК 34

**Ч/З №1 — 1 экз.**

Изложены основы теории, расчета и принципы конструирования деталей и узлов машин общего назначения. Приведены примеры расчетов с подробными решениями и методическими указаниями.

Учебник предназначен для обучающихся по специальностям технического профиля среднего профессионального образования (колледжей, техникумов), а также может быть полезен студентам вузов и инженерно-техническим работникам.

Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина, В.К. Житков

# ДЕТАЛИ МАШИН

УЧЕБНИК

Электронно-  
Библиотечная  
Система  
znanium.com

Соответствует  
Федеральному государственному  
образовательному стандарту  
3-го поколения

МОСКВА  
КУРС  
ИНФРА-М  
2016

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
-----------------------	---

## Часть первая

### ОСНОВЫ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ МАШИН

Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ . . . . .	4
§ 1.1. Общие сведения . . . . .	4
§ 1.2. Современные направления в развитии машиностроения . . . . .	5
§ 1.3. Требования к машинам и деталям . . . . .	6
§ 1.4. Надежность машин . . . . .	8
§ 1.5. Критерии работоспособности и расчета деталей машин . . . . .	11
§ 1.6. Проектировочный и проверочный расчеты. Конструирование изделий . . . . .	13
§ 1.7. Основы триботехники узлов и деталей машин . . . . .	14
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	17
Глава 2. ПРОЧНОСТЬ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ . . . . .	17
§ 2.1. Циклы напряжений в деталях машин . . . . .	17
§ 2.2. Усталость материалов деталей машин . . . . .	19
§ 2.3. Предел выносливости материалов . . . . .	20
§ 2.4. Факторы, влияющие на величину предела выносливости материалов . . . . .	21
§ 2.5. Коэффициенты запаса прочности . . . . .	24
§ 2.6. Контактная прочность деталей машин . . . . .	26
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	29

## Часть вторая

### СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Глава 3. КЛЕПАНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ . . . . .	30
§ 3.1. Общие сведения о клепаных соединениях . . . . .	30
§ 3.2. Достоинства, недостатки и применение клепаных соединений . . . . .	32
§ 3.3. Основные типы заклепок . . . . .	32
§ 3.4. Классификация клепаных соединений . . . . .	34
§ 3.5. Материалы деталей клепаных соединений . . . . .	36
§ 3.6. Допускаемые напряжения для деталей клепаных соединений . . . . .	36
§ 3.7. Расчет на прочность клепаных соединений . . . . .	37
§ 3.8. Коэффициент прочности клепаного соединения . . . . .	39
§ 3.9. Рекомендации по конструированию клепаных соединений . . . . .	40
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	43
Глава 4. СВАРНЫЕ, ПАЯНЫЕ И КЛЕЕНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ . . . . .	44
§ 4.1. Сварные соединения. Общие сведения . . . . .	44
§ 4.2. Основные типы и элементы сварных соединений . . . . .	46
§ 4.3. Допускаемые напряжения для сварных швов . . . . .	48
§ 4.4. Расчет на прочность сварных соединений . . . . .	48
§ 4.5. Рекомендации по конструированию сварных соединений . . . . .	50
§ 4.6. Паяные соединения . . . . .	51
§ 4.7. Клеевые соединения . . . . .	55
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	57

Глава 5. СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПОСАДКОЙ С НАТЯГОМ . . . . .	58
§ 5.1. Общие сведения . . . . .	58
§ 5.2. Расчет посадок цилиндрических соединений с натягом . . . . .	60
§ 5.3. Рекомендации по конструированию соединений с натягом . . . . .	68
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	72
Глава 6. РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ . . . . .	72
§ 6.1. Общие сведения . . . . .	72
§ 6.2. Геометрические параметры резьбы . . . . .	75
§ 6.3. Основные типы резьб . . . . .	76
§ 6.4. Способы изготовления резьб. Конструктивные формы резьбовых соединений . . . . .	80
§ 6.5. Стандартные резьбовые крепежные детали . . . . .	82
§ 6.6. Силовые соотношения в винтовой паре . . . . .	85
§ 6.7. Момент завинчивания. Сила затяжки . . . . .	86
§ 6.8. Самоторможение и КПД винтовой пары . . . . .	89
§ 6.9. Способы стопорения резьбовых деталей . . . . .	90
§ 6.10. Материалы и классы прочности резьбовых деталей. Допускаемые напряжения . . . . .	92
§ 6.11. Расчет резьбовых соединений на прочность . . . . .	94
§ 6.12. Распределение осевой силы по виткам резьбы гайки . . . . .	104
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	105
Глава 7. ШПОНОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ . . . . .	106
§ 7.1. Общие сведения . . . . .	106
§ 7.2. Разновидности шпоночных соединений . . . . .	107
§ 7.3. Материалы шпонок и допускаемые напряжения . . . . .	109
§ 7.4. Расчет шпоночных соединений . . . . .	109
§ 7.5. Рекомендации по конструированию шпоночных соединений . . . . .	111
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	113
Глава 8. ШЛИЦЕВЫЕ (ЗУБЧАТЫЕ) СОЕДИНЕНИЯ . . . . .	113
§ 8.1. Общие сведения . . . . .	113
§ 8.2. Разновидности шлицевых соединений . . . . .	114
§ 8.3. Материалы и допускаемые напряжения смятия $[\sigma]_{см}$ для шлицевых соединений . . . . .	116
§ 8.4. Расчет шлицевых соединений . . . . .	117
§ 8.5. Рекомендации по конструированию шлицевых соединений . . . . .	119
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	120

### Часть третья МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

Глава 9. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЕРЕДАЧАХ . . . . .	121
§ 9.1. Назначение передач и их классификация. . . . .	121
§ 9.2. Основные кинематические и силовые соотношения в передачах . . . . .	122
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	127
Глава 10. ФРИКЦИОННЫЕ ПЕРЕДАЧИ . . . . .	127
§ 10.1. Общие сведения . . . . .	127
§ 10.2. Материалы катков . . . . .	129
§ 10.3. Характер и причины отказов фрикционных передач. . . . .	130
§ 10.4. Цилиндрическая фрикционная передача . . . . .	131
§ 10.5. Вариаторы . . . . .	134
§ 10.6. Расчет на прочность и КПД фрикционных передач . . . . .	137
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	138

Глава 11. ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ . . . . .	138
§ 11.1. Общие сведения . . . . .	138
§ 11.2. Основы теории зубчатого зацепления . . . . .	141
§ 11.3. Образование эвольвентного зацепления . . . . .	144
§ 11.4. Образование цилиндрического зубчатого колеса . . . . .	146
§ 11.5. Основы нарезания зубьев методом обкатки . . . . .	147
§ 11.6. Исходный контур зубьев зубчатой рейки . . . . .	148
§ 11.7. Изготовление зубчатых колес . . . . .	149
§ 11.8. Основные элементы и характеристики зубчатого эвольвентного зацепления. Поле зацепления . . . . .	151
§ 11.9. Скольжение при взаимодействии зубьев . . . . .	156
§ 11.10. Влияние числа зубьев на форму и прочность зуба . . . . .	157
§ 11.11. Понятие о зубчатых передачах со смещением . . . . .	159
§ 11.12. Точность зубчатых передач . . . . .	162
§ 11.13. Смазывание и КПД зубчатых передач . . . . .	163
§ 11.14. Конструкции колес зубчатых передач . . . . .	165
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	167
Глава 12. РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЗУБЬЕВ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ . . . . .	167
§ 12.1. Материалы зубчатых колес . . . . .	167
§ 12.2. Характер и причины отказов зубчатых передач . . . . .	173
§ 12.3. Режимы нагружений . . . . .	175
§ 12.4. Расчетная нагрузка . . . . .	180
§ 12.5. Допускаемые напряжения . . . . .	186
§ 12.6. Общие сведения о расчете на прочность цилиндрических эвольвентных зубчатых передач . . . . .	191
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	192
Глава 13. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПРЯМОЗУБЫЕ ПЕРЕДАЧИ ВНЕШНЕГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ . . . . .	193
§ 13.1. Общие сведения . . . . .	193
§ 13.2. Силы в зацеплении прямозубых передач . . . . .	194
§ 13.3. Расчет зубьев цилиндрических прямозубых передач на контактную прочность . . . . .	195
§ 13.4. Расчет зубьев цилиндрических прямозубых передач на прочность при изгибе . . . . .	200
§ 13.5. Последовательность расчета на прочность зубьев закрытых цилиндрических прямозубых передач . . . . .	203
§ 13.6. Расчет на прочность открытых цилиндрических передач . . . . .	215
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	215
Глава 14. ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ КОСОЗУБЫЕ ПЕРЕДАЧИ . . . . .	216
§ 14.1. Общие сведения . . . . .	216
§ 14.2. Эквивалентное колесо . . . . .	218
§ 14.3. Силы в зацеплении . . . . .	219
§ 14.4. Расчет зубьев цилиндрических косозубых передач на прочность . . . . .	220
§ 14.5. Последовательность расчета на прочность зубьев закрытых косозубых цилиндрических передач . . . . .	220
§ 14.6. Шевронные цилиндрические передачи . . . . .	228
§ 14.7. Зубчатые передачи с зацеплением М.Л. Новикова . . . . .	229
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	231
Глава 15. КОНИЧЕСКИЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ . . . . .	232
§ 15.1. Общие сведения . . . . .	232
§ 15.2. Геометрия зацепления колес . . . . .	234
§ 15.3. Основные геометрические соотношения . . . . .	236

§ 15.4. Эквивалентное колесо . . . . .	237
§ 15.5. Силы в зацеплении . . . . .	238
§ 15.6. Расчет зубьев конических передач на контактную прочность . . . . .	240
§ 15.7. Расчет зубьев конических передач на прочность при изгибе . . . . .	243
§ 15.8. Последовательность расчета на прочность зубьев закрытых конических передач . . . . .	244
§ 15.9. Расчет на прочность зубьев открытых конических передач . . . . .	253
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	253
<b>Глава 16. ПЛАНЕТАРНЫЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ</b> . . . . .	254
§ 16.1. Общие сведения . . . . .	254
§ 16.2. Передаточное число планетарных передач . . . . .	256
§ 16.3. Разновидности планетарных передач . . . . .	257
§ 16.4. Подбор чисел зубьев планетарных передач . . . . .	258
§ 16.5. Расчет на прочность зубьев колес планетарных передач . . . . .	259
§ 16.6. Конструктивные особенности планетарных передач . . . . .	261
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	268
<b>Глава 17. ВОЛНОВЫЕ ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ</b> . . . . .	268
§ 17.1. Общие сведения . . . . .	268
§ 17.2. Основные конструктивные элементы волновых передач . . . . .	271
§ 17.3. Передаточное число волновых передач . . . . .	273
§ 17.4. Расчет на прочность гибкого колеса волновых передач . . . . .	274
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	279
<b>Глава 18. ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ</b> . . . . .	279
§ 18.1. Общие сведения . . . . .	279
§ 18.2. Классификация червячных передач . . . . .	280
§ 18.3. Изготовление червяков и червячных колес . . . . .	282
§ 18.4. Основные геометрические соотношения в червячной передаче . . . . .	284
§ 18.5. Скольжение в червячной передаче. Точность передачи. Передаточное число . . . . .	288
§ 18.6. Силы в зацеплении . . . . .	291
§ 18.7. Расчетная нагрузка . . . . .	292
§ 18.8. Материалы червячной пары . . . . .	294
§ 18.9. Характер и причины отказов червячных передач . . . . .	296
§ 18.10. Допускаемые напряжения для материалов венцов червячных колес . . . . .	296
§ 18.11. Расчет на прочность червячных передач . . . . .	299
§ 18.12. Смазывание. КПД червячных передач . . . . .	303
§ 18.13. Последовательность расчета на прочность червячных передач . . . . .	304
§ 18.14. Тепловой расчет червячных передач . . . . .	305
§ 18.15. Конструктивные элементы червячной передачи . . . . .	308
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	316
<b>Глава 19. РЕДУКТОРЫ</b> . . . . .	317
§ 19.1. Общие сведения . . . . .	317
§ 19.2. Классификация редукторов . . . . .	317
§ 19.3. Зубчатые редукторы . . . . .	320
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	323
<b>Глава 20. ПЕРЕДАЧА ВИНТ — ГАЙКА СКОЛЬЖЕНИЯ</b> . . . . .	324
§ 20.1. Общие сведения . . . . .	324
§ 20.2. Конструкция и материалы деталей передачи. Допускаемые напряжения . . . . .	325
§ 20.3. Расчет на прочность передачи винт — гайка скольжения . . . . .	327
§ 20.4. КПД передачи. Рекомендации по конструированию . . . . .	329
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	334

Глава 21. ПЕРЕДАЧА ВИНТ — ГАЙКА КАЧЕНИЯ . . . . .	334
§ 21.1. Шариковинтовая передача. Общие сведения . . . . .	334
§ 21.2. Устройство и принцип действия шариковинтовой передачи. Материалы деталей . . . . .	335
§ 21.3. Расчет шариковинтовой передачи . . . . .	337
§ 21.4. КПД шариковинтовой передачи. Рекомендации по конструированию . . . . .	340
§ 21.5. Роликовинтовая передача . . . . .	342
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	345
Глава 22. РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ. . . . .	345
§ 22.1. Общие сведения . . . . .	345
§ 22.2. Основные геометрические соотношения ременных передач . . . . .	347
§ 22.3. Силы в передаче . . . . .	348
§ 22.4. Скольжение ремня по шкивам. Передаточное число . . . . .	350
§ 22.5. Напряжения в ремне . . . . .	352
§ 22.6. Тяговая способность и КПД ременных передач . . . . .	354
§ 22.7. Долговечность ремня . . . . .	357
§ 22.8. Натяжение ремней . . . . .	358
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	359
Глава 23. ПЛОСКОРЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ . . . . .	359
§ 23.1. Общие сведения. Типы плоских ремней . . . . .	359
§ 23.2. Расчет плоскоремненных передач . . . . .	362
§ 23.3. Шкивы плоскоремненных передач . . . . .	365
§ 23.4. Рекомендации по конструированию ременных передач . . . . .	366
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	369
Глава 24. КЛИНОРЕМЕННЫЕ И ПОЛИКЛИНОВЫЕ ПЕРЕДАЧИ . . . . .	369
§ 24.1. Общие сведения. Типы клиновых и поликлиновых ремней . . . . .	369
§ 24.2. Расчет клиноремненных и поликлиновых передач . . . . .	373
§ 24.3. Шкивы клиноремненных и поликлиновых передач . . . . .	378
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	382
Глава 25. ЗУБЧАТО-РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ. . . . .	382
§ 25.1. Общие сведения . . . . .	382
§ 25.2. Расчет зубчато-ременных передач . . . . .	384
§ 25.3. Шкивы зубчато-ременных передач . . . . .	388
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	392
Глава 26. ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ . . . . .	392
§ 26.1. Общие сведения . . . . .	392
§ 26.2. Приводные цепи . . . . .	393
§ 26.3. Звездочки . . . . .	396
§ 26.4. Передаточное число цепной передачи . . . . .	397
§ 26.5. Основные геометрические соотношения в цепных передачах . . . . .	398
§ 26.6. Силы в ветвях цепи . . . . .	399
§ 26.7. Характер и причины отказов цепных передач . . . . .	400
§ 26.8. Расчет передачи роликовой (втулочной) цепью . . . . .	400
§ 26.9. Натяжение и смазывание цепи. КПД цепных передач . . . . .	402
§ 26.10. Рекомендации по конструированию цепных передач . . . . .	403
<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	406

**Часть четвертая**  
**ВАЛЫ, ОСИ, ПОДШИПНИКИ, МУФТЫ**

Глава 27. ВАЛЫ И ОСИ . . . . .	407
§ 27.1. Общие сведения . . . . .	407
§ 27.2. Конструктивные элементы валов и осей. Материалы . . . . .	408

§ 27.3.	Проектировочный расчет валов на прочность . . . . .	411
§ 27.4.	Проверочные расчеты валов . . . . .	413
§ 27.5.	Расчет осей на прочность . . . . .	422
§ 27.6.	Рекомендации по конструированию валов и осей . . . . .	424
	<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	425
<b>Глава 28. ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ . . . . .</b>		<b>425</b>
§ 28.1.	Общие сведения . . . . .	425
§ 28.2.	Материалы вкладышей . . . . .	428
§ 28.3.	Смазочные материалы . . . . .	430
§ 28.4.	Режимы смазки в подшипниках скольжения . . . . .	431
§ 28.5.	Характер и причины отказов подшипников скольжения . . . . .	433
§ 28.6.	Условный расчет подшипников скольжения . . . . .	433
§ 28.7.	Работа вкладышей в условиях жидкостной смазки . . . . .	435
§ 28.8.	Подвод смазочного материала. КПД . . . . .	436
§ 28.9.	Рекомендации по конструированию . . . . .	439
	<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	439
<b>Глава 29. ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ . . . . .</b>		<b>440</b>
§ 29.1.	Общие сведения . . . . .	440
§ 29.2.	Классификация и условные обозначения подшипников качения . . . . .	442
§ 29.3.	Основные типы подшипников качения и материалы деталей подшипников . . . . .	445
§ 29.4.	Характер и причины отказов подшипников качения . . . . .	449
§ 29.5.	Расчет (подбор) подшипников качения на заданный ресурс при постоянном режиме нагружения . . . . .	450
§ 29.6.	Расчет подшипников качения на заданный ресурс при переменных режимах нагружения . . . . .	457
§ 29.7.	Подбор и проверка подшипников качения на статическую грузоподъемность . . . . .	458
§ 29.8.	Последовательность расчета (подбора) подшипников качения на заданный ресурс . . . . .	460
§ 29.9.	Конструирование подшипниковых узлов . . . . .	467
§ 29.10.	Смазывание подшипников качения. КПД. Уплотнительные устройства . . . . .	473
§ 29.11.	Монтаж и демонтаж подшипников . . . . .	475
	<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	476
<b>Глава 30. МУФТЫ . . . . .</b>		<b>477</b>
§ 30.1.	Общие сведения . . . . .	477
§ 30.2.	Муфты глухие . . . . .	478
§ 30.3.	Муфты жесткие компенсирующие . . . . .	480
§ 30.4.	Муфты упругие компенсирующие . . . . .	485
§ 30.5.	Муфты сцепные управляемые . . . . .	492
§ 30.6.	Муфты самоуправляемые (автоматического действия) . . . . .	498
	<i>Контрольные вопросы</i> . . . . .	504
	<b>Список литературы</b> . . . . .	<b>505</b>