

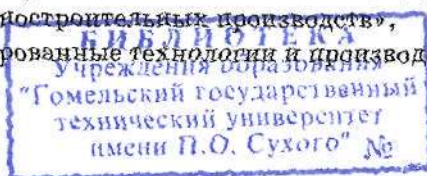
**ДЕТАЛИ МАШИН  
И ОСНОВЫ  
КОНСТРУИРОВАНИЯ.**

**Основы теории и расчёта**

# ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ. ОСНОВЫ ТЕОРИИ И РАСЧЁТА

*Под общей редакцией профессора П. Н. Учаева*

Рекомендовано Федеральным государственным бюджетным образовательным  
учреждением высшего профессионального образования  
«Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»  
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по направлениям подготовки:  
«Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»,  
«Автоматизированные технологии и производства»



Старый Оскол  
ТНТ  
2019

**Детали машин и основы конструирования. Основы теории и расчета** : учебник для вузов / [П. Н. Учаев и др.] ; под общ. ред. П. Н. Учаева. — Старый Оскол : ТНТ, 2019. — 343 с. : ил., табл. — Библиогр. : с. 337—339.

УДК 621.81(075.8)

ББК 34

Чит. зал №1 — 1 экз.

В учебнике изложены основы теории и расчёта типовых деталей машин — деталей общего назначения. Важное место занимают вероятностные расчёты, позволяющие на этапе проектирования прогнозировать надёжность будущего изделия. Рассмотрены заклёпочные, сварные, паяные, клеевые и резьбовые соединения, а также соединения типа вал-ступица. Приведены методики и примеры расчёта указанных соединений. Ряд разделов учебника посвящены аналогичным вопросам, касающимся механических передач. Кроме того, рассмотрены детали вращательного движения.

Особое внимание уделено раскрытию методологии оптимального синтеза деталей машин. Приведены методы оптимизации, сформулированы оптимизационные задачи и показаны примеры их реализации.

Учебник соответствует федеральному государственному образовательному стандарту и предназначен для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки: «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Автоматизированные технологии и производства». Может быть использован студентами техникумов и колледжей, технологами и конструкторами машиностроительных производств.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	8
<b>1. ЗНАЧЕНИЕ КУРСА «ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ» В ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРА-МАШИНОСТРОИТЕЛЯ</b> .....	11
1.1. Общие сведения о дисциплине .....	11
1.2. Связь дисциплины с профессиональной деятельностью .....	12
1.3. Компетентностная модель бакалавра .....	13
<b>2. ВВЕДЕНИЕ В КУРС «ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ»</b> .....	14
2.1. Основные понятия и определения машиноведения .....	14
2.2. Общие положения .....	15
<b>I. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН</b> .....	23
<b>3. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ</b> .....	23
3.1. Основные положения .....	23
3.2. Основные этапы и методы проектирования. Стадии разработки конструкторской документации .....	25
<b>4. ВИДЫ ОТКАЗОВ И КРИТЕРИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН</b> .....	31
4.1. Нагрузка, действующая на детали машин .....	31
4.2. Отказы и основные критерии работоспособности и расчёта деталей машин .....	34
4.3. Виды и содержание расчётов .....	35
<b>5. ПРОЧНОСТЬ</b> .....	38
5.1. Виды напряжённо-деформированного состояния деталей машин .....	38
5.2. Циклы напряжений и их характеристики .....	39
5.3. Виды прочности .....	41
5.4. Задачи и методы расчёта на прочность .....	43
5.5. Контактная прочность .....	49
5.6. Расчёты на контактную прочность .....	52
<b>6. ЖЁСТКОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ</b> .....	54
6.1. Виды жёсткости. Влияние жёсткости на работу деталей машин .....	54
6.2. Оценка жёсткости и пути её повышения .....	55
6.3. Устойчивость деталей машин .....	56
<b>7. ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ</b> .....	59
7.1. Общие сведения .....	59
7.2. Пути обеспечения и повышения износостойкости .....	59
7.3. Виды расчёта на износостойкость. Условные расчёты .....	59
<b>8. ТЕПЛОСТОЙКОСТЬ</b> .....	61
8.1. Влияние нагрева на работу деталей машин .....	61
8.2. Задача и основание теплового расчёта .....	61
8.3. Пути обеспечения теплостойкости изделий .....	62

<b>9. КОЛЕБАНИЯ. ВИБРОСТОЙКОСТЬ. УДАРЫ. ШУМ</b> .....	63
9.1. Причины и виды колебаний .....	63
9.2. Задача расчёта на вибростойкость .....	63
9.3. Определение собственной частоты .....	64
9.4. Рабочий диапазон угловой скорости валов и осей .....	65
9.5. Определение силы удара .....	65
9.6. Определение виброакустических характеристик .....	66
<b>10. РАСЧЁТ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА БАЗЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ</b> .....	67
10.1. Методика расчёта .....	67
<b>11. МАТЕРИАЛЫ И УПРОЧНЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН</b> .....	69
11.1. Основные сведения о машиностроительных материалах .....	69
11.2. Виды упрочняющей обработки деталей машин .....	71
11.3. Выбор материала деталей машин .....	71
<b>12. ВЫБОР ДОПУСКАЕМЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И КОЭФФИЦИЕНТОВ БЕЗОПАСНОСТИ</b> .....	73
12.1. Общие сведения .....	73
12.2. Выбор допускаемых напряжений .....	73
12.3. Выбор допускаемых коэффициентов безопасности .....	76
<b>13. НАДЁЖНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ</b> .....	77
13.1. Основные показатели надёжности .....	78
13.2. Законы распределения случайных величин .....	78
13.3. Вероятность безотказной работы системы (машины) .....	79
13.4. Числовые характеристики случайной величины .....	81
13.5. Правило «трёх сигм» .....	81
13.6. Основные пути повышения надёжности изделий .....	81
<b>14. ВЕРОЯТНОСТНЫЕ РАСЧЁТЫ ДЕТАЛЕЙ МАШИН</b> .....	84
14.1. Основы расчёта .....	84
14.2. Определение вероятности безотказной работы детали .....	87
<b>15. РАСЧЁТ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ</b> .....	90
15.1. Основы расчёта .....	90
15.2. Расчёт долговечности, обусловленной износостойкостью изделия .....	91
<b>16. ТОЧНОСТЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН</b> .....	92
16.1. Основы расчёта .....	92
16.2. Расчёт размерных цепей .....	93
<b>II. СОЕДИНЕНИЯ</b> .....	96
<b>17. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СОЕДИНЕНИЯХ. ЗАКЛЁПОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ</b> .....	96
17.1. Функциональное назначение и классификация соединений .....	96
17.2. Требования к соединениям. Алгоритм их рассмотрения .....	97
17.3. Заклёпочные соединения .....	98

<b>18. СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ</b> .....	102
18.1. Общие сведения .....	102
18.2. Стыковые соединения .....	103
18.3. Нахлесточные соединения .....	105
18.4. Тавровые соединения .....	107
18.5. Выбор допускаемых напряжений .....	107
18.6. Паяные и клеевые соединения .....	108
<b>19. РЕЗЬБОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ</b> .....	111
19.1. Общие сведения о резьбе .....	112
19.2. Теория винтовой пары .....	114
19.3. Винтовые (резьбовые) соединения .....	117
19.4. Расчёты винтов и резьбы .....	118
19.5. Расчёт болтов при действии эксцентрической нагрузки .....	121
19.6. Расчёт соединений, включающих группу болтов .....	123
19.7. Расчёт болтов при переменной нагрузке .....	135
<b>20. СОЕДИНЕНИЯ ТИПА ВАЛ–СТУПИЦА</b> .....	138
20.1. Фрикционно-винтовые (клеммовые) соединения .....	138
20.2. Шпоночные соединения .....	140
20.3. Шлицевые соединения .....	143
20.4. Профильные соединения .....	146
20.5. Штифтовые соединения .....	147
20.6. Соединения с натягом .....	147
<b>21. КЛИНОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ</b> .....	154
21.1. Основы расчёта .....	154
21.2. Примеры расчётов .....	156
<b>III. МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ</b> .....	157
<b>22. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕХАНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧАХ.</b>	
<b>ФРИКЦИОННЫЕ ПЕРЕДАЧИ И ВАРИАТОРЫ</b> .....	157
22.1. Функциональное назначение и классификация передач .....	157
22.2. Основные параметры передач .....	159
22.3. Последовательность рассмотрения передач .....	161
22.4. Фрикционные передачи .....	162
22.5. Фрикционные вариаторы .....	163
<b>23. ЗУБЧАТЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ И КОНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ</b> .....	165
23.1. Общие сведения о зубчатых передачах .....	166
23.2. Условия работы зубьев цилиндрических колёс .....	173
23.3. Виды отказов. Критерии работоспособности и расчёта .....	177
23.4. Материалы и упрочнение зубчатых колёс.	
Допускаемые напряжения .....	179
23.5. Расчётная нагрузка .....	183
23.6. Расчёт зубьев цилиндрических зубчатых колёс	
на контактную прочность .....	185
23.7. Расчёт зубьев цилиндрических зубчатых колёс на изгиб .....	189
23.8. Конические зубчатые передачи .....	192
23.9. Цилиндрические передачи Новикова .....	197

<b>24. ПЛАНЕТАРНЫЕ И ВОЛНОВЫЕ ПЕРЕДАЧИ</b> .....	203
24.1. Общие сведения о планетарных передачах .....	203
24.2. Проектирование планетарных передач .....	208
24.3. Волновые передачи .....	211
<b>25. ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ</b> .....	214
25.1. Общие сведения .....	215
25.2. Условия работы зубьев колеса и витков червяка .....	217
25.3. Виды отказов червячных передач. Критерии работоспособности и расчёта .....	220
25.4. Материалы червяков и колёс. Допускаемые напряжения .....	221
25.5. Расчётная нагрузка .....	222
25.6. Достоинства и недостатки червячных передач .....	223
25.7. Особенности расчётов на прочность .....	223
25.8. Тепловой расчёт .....	225
25.9. Пути повышения долговечности червячных передач .....	226
<b>26. ПЕРЕДАЧИ ВИНТ–ГАЙКА</b> .....	228
26.1. Функциональное назначение. Достоинства и недостатки. Область применения .....	228
26.2. Передачи скольжения .....	229
26.3. Передачи качения .....	230
<b>27. РЕМЁННЫЕ ПЕРЕДАЧИ</b> .....	233
27.1. Устройство и классификация передач гибкой связью .....	233
27.2. Общие сведения о ремённых передачах .....	234
27.3. Условия работы ремённых передач .....	236
27.4. Виды отказов ремённых передач. Критерии работоспособности и расчёта .....	241
27.5. Нагрузка на валы и опоры ремённой передачи .....	243
27.6. Клиноремённые передачи .....	243
27.7. Передачи поликлиновыми ремнями .....	245
27.8. Передачи зубчатыми ремнями .....	246
27.9. Конструирование ремённых передач и их деталей .....	246
27.10. Клиноремённые вариаторы .....	247
<b>28. ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ</b> .....	249
28.1. Общие сведения о цепных передачах .....	249
28.2. Условия работы .....	255
28.3. Основы расчётов цепных передач .....	260
28.4. Расчёт передач роликowymi и втулочными цепями .....	262
28.5. Алгоритм практического расчёта цепных передач .....	263
28.6. Конструирование цепных передач .....	264
28.7. Цепные вариаторы .....	264
<b>IV. ДЕТАЛИ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ</b> .....	266
<b>29. ВАЛЫ И ОСИ</b> .....	266
29.1. Общие сведения о валах и осях .....	267
29.2. Расчёты валов на прочность .....	269
29.3. Расчёт осей на прочность .....	273

29.4. Расчёт валов на жёсткость .....	274
29.5. Расчёт валов и осей на вибростойкость .....	275
<b>30. ОПОРЫ ВАЛОВ И ОСЕЙ (ПОДШИПНИКИ) .....</b>	<b>279</b>
30.1. Общие сведения об опорах валов и осей .....	281
30.2. Подшипники скольжения .....	282
30.3. Общие сведения о подшипниках качения .....	284
30.4. Условия работы подшипников качения .....	286
30.5. Виды и причины отказов подшипников качения. Критерии работоспособности. Материалы и упрочняющая обработка деталей подшипников .....	290
30.6. Методы расчёта подшипников качения .....	290
30.7. Расчёт подшипников на долговечность .....	291
30.8. Подбор подшипников по статической грузоподъёмности .....	296
<b>31. МУФТЫ ПРИВодОВ .....</b>	<b>299</b>
31.1. Общие сведения о муфтах .....	300
31.2. Неуправляемые (нерасцепляемые) муфты .....	303
31.3. Упругие муфты .....	308
31.4. Сцепные механические управляемые муфты .....	313
31.5. Сцепные механические самоуправляемые (самодействующие или автоматические) муфты .....	316
<b>V. ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ. САПР .....</b>	<b>320</b>
<b>32. ОСНОВЫ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН .....</b>	<b>320</b>
32.1. Методология оптимального синтеза деталей машин .....	322
32.2. Методика решения оптимизационных задач в процессе проектирования деталей машин .....	323
<b>33. ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТИПОВЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН. САПР .....</b>	<b>330</b>
33.1. Общие сведения об автоматизации проектирования деталей машин ...	330
33.2. Структура САПР .....	331
33.3. Основные этапы САПР .....	332
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>334</b>
<b>ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ СТАНДАРТОВ .....</b>	<b>335</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>337</b>
<b>ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ .....</b>	<b>340</b>