

В

ДЛЯ ВУЗОВ

Г.Б. Иосилевич

П.А. Лебедев

В.С. Стреляев

ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Издание второе, стереотипное

МОСКВА
«ИННОВАЦИОННОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ»
2022

УДК 621.01(075.8)

ББК 34.41

И75

Рецензенты: кафедра Московского института инженеров
гражданской авиации; проф. **Е. И. Степанычев**

*Рекомендовано Учебно-методическим управлением
по высшему образованию Министерства высшего и среднего
специального образования для использования
в учебном процессе высших технических учебных заведений*

Иосилевич Г. Б., Лебедев П. А., Стреляев В. С.

И75 Прикладная механика. 2-е изд., стереотип. для студентов
вузов. М.: Инновационное машиностроение, 2022. 576 с.: ил.

ISBN 978-5-907523-00-5

Для технических вузов по курсам «Сопротивление материа-
лов», «Теория механизмов и машин», «Детали машин». Содержит
перечень понятий, расположение и объем изложения которых имеют
цель ознакомить студентов вузов немашиностроительных специаль-
ностей с общими принципами анализа работы и синтеза (конструирова-
ния) типовых конструкций общемашиностроительного назначения.

УДК 621.01(075.8)

ББК 34.41

©ООО «Издательство «Инновационное
машиностроение», 2022

©Иосилевич Г.Б., Лебедев П.А.,

ISBN 978-5-907523-00-5

Стреляев В.С., 2022

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов,
опубликованных в данной книге, допускаются только с разрешения
издательства и со ссылкой на источник информации

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Раздел первый. ОСНОВЫ МАШИНОВЕДЕНИЯ	4
<i>Глава 1. Введение в прикладную механику</i>	4
§ 1. Определение и основные задачи курса	4
§ 2. Краткие исторические сведения о развитии прикладной механики	5
§ 3. Машины, машинные агрегаты, механизмы, механические приспособления, приборы и аппараты	6
§ 4. Основные характеристики и параметры машин и приборов	10
§ 5. О построении расчетных моделей (схем)	11
<i>Глава 2. Основы структурного анализа механизмов</i>	15
§ 1. Звенья, кинематические пары и их классификация	16
§ 2. Кинематические цепи	19
§ 3. Определение подвижности механизмов с учетом действующих сил	20
§ 4. Избыточные связи. Пассивные звенья	28
§ 5. Указания к применению тополого-матричного метода определения подвижности кинематических цепей	30
§ 6. Построение и классификация механизмов	32
§ 7. Применение механизмов в технике	34
<i>Глава 3. Кинематический анализ механизмов</i>	36
§ 1. Цели, задачи и методы исследования движения звеньев механизмов	36
§ 2. Краткие сведения о векторных операциях, необходимых для решения задач кинематики механизмов	39
§ 3. Функции положений и функции перемещений звеньев механизмов	44
§ 4. Аналитические методы определения функций положений стержневых передаточных механизмов	46
§ 5. Определение скоростей и ускорений движения звеньев	56
<i>Глава 4. Синтез стержневых механизмов</i>	58
§ 1. Постановка задач синтеза стержневых механизмов. Методы синтеза	58
§ 2. Входные и выходные параметры синтеза механизмов. Основные и дополнительные условия синтеза. Целевые функции и ограничения	60
§ 3. Условие обеспечения непрерывного относительного вращения звеньев стержневых механизмов	61
§ 4. Учет особенностей функций положения и передаточных функций при построении функций перемещений	64
§ 5. Методы приближения функций в синтезе механизмов	68

Глава 5. Введение в динамику машин	77
§ 1. Силы, действующие в машинах	77
§ 2. Краткие сведения о процессах трения и их параметрах	81
§ 3. Условия статической определенности сил, действующих в машинах	87
§ 4. Приведенная и уравнивающая силы. Теорема Жу- ковского	88
§ 5. Векторный метод определения сил взаимодействия звеньев механизмов и машин	90
§ 6. Мощность привода. Коэффициент полезного действия	94
§ 7. Приведение масс и моментов инерции, параметров упру- гости и диссипации энергии звеньев машин	98
§ 8. Методика определения функции движения машины с жест- кими звеньями под действием приложенных сил	105
§ 9. Балансировка роторов	106
Глава 6. Основы теории точности механизмов	109
§ 1. О погрешностях движения звеньев механизмов	109
§ 2. Определение суммарных ошибок выходных параметров механизмов	111
§ 3. Вероятностные характеристики ошибок механизмов	114
Глава 7. Основы теории машин-автоматов, промышленных робо- тов и манипуляторов	118
§ 1. Машина-автомат, робот, автооператор и манипулятор, их определение и классификация	118
§ 2. Захватные устройства промышленных роботов	121
§ 3. Структура и свойства кинематических цепей механизмов манипуляторов и роботов	123
§ 4. Системы управления машин-автоматов	133
Глава 8. Элементы теории надежности	137
§ 1. Составляющие надежности	137
§ 2. Основные показатели надежности	138
§ 3. Основное уравнение теории надежности	141
§ 4. Статистические модели случайных величин	142

**Раздел второй. ОСНОВЫ РАСЧЕТОВ ПРОЧНОСТНОЙ
НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ КОН-
СТРУКЦИЙ (СОПРОТИВЛЕНИЕ МА-
ТЕРИАЛОВ) 146**

Глава 9. Общие принципы расчетов прочностной надежности	146
§ 1. Задачи и методы сопротивления материалов	146
§ 2. Схематизация реальных объектов и свойств материалов	147
§ 3. Анализ внутренних силовых факторов	151
§ 4. Понятие о напряженном и деформированном состоянии	158
Глава 10. Растяжение и сжатие элементов конструкций	160
§ 1. Напряжения и деформации, условия прочности и жест- кости при растяжении	160
§ 2. Характеристики механических свойств материалов	166
§ 3. Статически неопределимые системы при растяжении (сжатии)	168
§ 4. Двухосное растяжение и сжатие	175

Глава 11. Сдвиг и кручение элементов конструкций	179
§ 1. Напряжения и перемещения при чистом сдвиге и кручении стержней кругового поперечного сечения	179
§ 2. Особенности решения задачи о кручении стержней некругового профиля	186
§ 3. Расчет цилиндрических винтовых пружин с малым шагом	188
§ 4. Расчет на кручение за пределами упругости	190
Глава 12. Изгиб элементов конструкций	192
§ 1. Плоский прямой изгиб	192
§ 2. Нормальные напряжения при изгибе	194
§ 3. Геометрические характеристики плоских сечений	198
§ 4. Нормальные и касательные напряжения при плоском прямом изгибе	202
§ 5. Напряженное состояние при поперечном изгибе	204
§ 6. Расчет на изгиб за пределами упругости	206
§ 7. Определение перемещений при изгибе	207
Глава 13. Сложное напряженное состояние и теория прочности	211
§ 1. Объемное напряженное состояние. Закон Гука для объемного напряженного состояния	211
§ 2. Теории прочности	214
§ 3. Сложное сопротивление	219
Глава 14. Контактные напряжения, устойчивость и динамика упругих систем	227
§ 1. Контакт цилиндров	227
§ 2. Анализ напряженного состояния	231
§ 3. Устойчивость стержней	233
§ 4. Динамические задачи	238
Глава 15. Прочность при переменных напряжениях	247
§ 1. Циклы переменных напряжений и усталость материалов	247
§ 2. Кривая и предел выносливости	249
§ 3. Влияние конструктивных и технологических факторов на сопротивление усталости	250
§ 4. Условия прочности при переменных напряжениях и запасы прочности	256
Раздел третий. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ, УЗЛОВ И МЕХАНИЗМОВ	259
Часть 1. ОСНОВЫ РАСЧЕТА И КОНСТРУИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ, УЗЛОВ И МЕХАНИЗМОВ	259
Глава 16. Требования, предъявляемые к деталям и узлам машин. Стадии конструирования машин	259
§ 1. Общие сведения о деталях и узлах машин и основные требования к ним	259
§ 2. Прочностная надежность деталей машин (методы оценки)	262
§ 3. Износостойкость деталей машин	265
§ 4. Жесткость деталей машин	268
§ 5. Стадии конструирования машин	270

Глава 17. Машиностроительные материалы и точность изготовления деталей	271
§ 1. Машиностроительные материалы	271
§ 2. Точность изготовления деталей	278
Часть 2. ПЕРЕДАТОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ	288
Глава 18. Ременные передачи	290
§ 1. Ремни и шкивы	291
§ 2. Усилия и напряжения в ремне	294
§ 3. Кинематика и геометрия передач	296
§ 4. Тяговая способность и КПД передач	298
§ 5. Расчет и проектирование передач	301
§ 6. Передачи зубчатыми ремнями	304
Глава 19. Фрикционные передачи и вариаторы	308
§ 1. Виды механизмов и их назначение	308
§ 2. Кинематика и КПД передач	312
§ 3. Расчет передач	313
Глава 20. Зубчатые механизмы (передачи)	315
§ 1. Общие сведения	315
§ 2. Кинематика зубчатых передач	317
§ 3. Элементы теории зацепления передач	319
§ 4. Эвольвентные зацепления	321
§ 5. Геометрический расчет эвольвентных прямозубых передач	328
§ 6. Особенности геометрии косозубых и шевронных колес	332
§ 7. Особенности геометрии конических колес	335
§ 8. Передачи с зацеплением Новикова	337
§ 9. Усилия в зацеплении	338
§ 10. Расчетные нагрузки	341
§ 11. Виды повреждений передач	344
§ 12. Расчет зубьев на прочность при изгибе	346
§ 13. Расчет на контактную прочность активных поверхностей зубьев	352
§ 14. Материалы, термообработка и допускаемые напряжения для зубчатых колес	355
§ 15. Особенности расчета и проектирования планетарных передач	360
§ 16. Конструкции зубчатых колес	366
Глава 21. Гиперболоидные передачи	372
§ 1. Общие сведения	372
§ 2. Геометрический расчет передачи	375
§ 3. Кинематика и КПД передачи	377
§ 4. Расчет на прочность червячных передач	379
§ 5. Материалы, допускаемые напряжения и конструкции деталей передачи	382
Глава 22. Передачи винт – гайка	385
§ 1. Общие сведения	385
§ 2. Кинематические характеристики и КПД передачи	386
§ 3. Расчет несущей способности элементов передачи	389
Глава 23. Цепные передачи	391
§ 1. Цепи и звездочки	392
§ 2. Кинематика и быстроходность передач	397

§ 3. Усилия в передаче	398
§ 4. Расчет цепных передач	399
§ 5. Особенности конструирования и эксплуатации передач	402
Часть 3. ВАЛЫ, МУФТЫ, ОПОРЫ И КОРПУСА	405
Глава 24. Валы и оси	405
§ 1. Общие сведения	405
§ 2. Конструкции и материалы валов и осей	406
§ 3. Расчет прямых валов на прочность и жесткость	409
§ 4. Подбор гибких валов	417
Глава 25. Муфты	419
§ 1. Общие сведения	419
§ 2. Нерасцепляемые муфты	420
§ 3. Сцепные управляемые и самоуправляющиеся муфты	425
Глава 26. Подшипники скольжения	433
§ 1. Общие сведения	433
§ 2. Особенности работы подшипников	434
§ 3. Конструкции и виды поврежденных подшипников	436
§ 4. Нагрузочная способность подшипников скольжения	439
Глава 27. Подшипники качения	443
§ 1. Общие сведения	443
§ 2. Кинематика и динамика подшипников	447
§ 3. Несущая способность подшипников	449
§ 4. Выбор подшипников	456
§ 5. Конструкции подшипниковых узлов	456
Глава 28. Детали корпусов, уплотнения, смазочные материалы и устройства	460
§ 1. Детали корпусов	460
§ 2. Уплотнения и устройства для уплотнения	462
§ 3. Смазочные материалы и устройства	464
Часть 4. СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ (УЗЛОВ) МАШИН И УПРУГИЕ ЭЛЕМЕНТЫ	467
Глава 29. Сварные, паяные и клеевые соединения	468
§ 1. Сварные соединения	469
§ 2. Проектирование и расчет соединений при постоянных нагрузках	472
§ 3. Расчет на прочность сварных соединений при переменных нагрузках	478
§ 4. Паяные соединения	479
§ 5. Клеевые соединения	482
Глава 30. Заклепочные соединения	485
§ 1. Общие сведения	485
§ 2. Расчет соединений при симметричном нагружении	487
§ 3. Расчет соединений при несимметричном нагружении	490
Глава 31. Соединения с натягом	492
§ 1. Общие сведения	492
§ 2. Расчет соединений	493

<i>Глава 32. Резьбовые соединения</i>	500
§ 1. Общие сведения	500
§ 2. Особенности работы резьбовых соединений	504
§ 3. Виды разрушений и основные расчетные случаи	515
§ 4. Особенности расчета групповых (многоболтовых) соединений	519
<i>Глава 33. Шпоночные, шлицевые, профильные и штифтовые соединения</i>	523
§ 1. Шпоночные соединения	523
§ 2. Шлицевые соединения	526
§ 3. Профильные соединения	529
§ 4. Штифтовые соединения	530
<i>Глава 34. Пружины и резиновые упругие элементы</i>	532
§ 1. Типы пружин	532
§ 2. Расчет витых цилиндрических пружин сжатия и растяжения	536
§ 3. Резиновые упругие элементы	541
Раздел четвертый. ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	545
<i>Глава 35. Системы автоматизированного проектирования</i>	545
§ 1. Общие сведения	545
§ 2. Общие принципы построения систем автоматизированного проектирования	547
§ 3. Структура математической модели	550
§ 4. Цели и методы оптимизации	553
<i>Глава 36. Некоторые задачи оптимизации конструкций</i>	556
§ 1. Расчет вала минимальной массы	556
§ 2. Расчет многоступенчатого редуктора минимальных размеров	557
Список литературы	561
Предметный указатель	563

ПРЕДИСЛОВИЕ

При написании книги авторы руководствовались программой курса «Прикладная механика», предусматривающей изучение общинженерных дисциплин – «Сопротивление материалов», «Теория механизмов и машин» и «Детали машин». Излагаемый материал включает основы теории надежности, элементы автоматизированного проектирования, а также краткие сведения из материаловедения и основ взаимозаменяемости, которые важны для понимания курса и формирования инженерного мышления.

Книга содержит как общетеоретические положения (методы построения математических моделей механизмов, машин и их элементов, анализ их работы), так и конкретные инженерные решения, обобщающие результаты теоретического анализа и практического опыта машиностроения.

Раздел первый (за исключением гл. 8) написан д-ром техн. наук П. А. Лебедевым, раздел второй – д-ром техн. наук В. С. Стреляевым, раздел третий – д-ром техн. наук Г. Б. Иосилевичем, гл. 8 – Г. Б. Иосилевичем и В. С. Стреляевым.