

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

В. М. Зиомковский  
И. В. Троицкий

# ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА

Учебное пособие

Рекомендовано методическим советом УрФУ  
для студентов квалификации бакалавр  
специальностей 210100.62 — Электроника и наноэлектроника,  
220700.62 — Автоматизация технологических процессов и производств,  
220000.62 — Мехатроника и робототехника,  
261700.62 — Технология полиграфического и упаковочного производства,  
640100.62 — Химическая технология,  
240700.62 — Биотехнология

*2-е издание, стереотипное*

Москва  
Издательство «ФЛИНТА»  
Издательство Уральского университета  
2017

УДК 531.8  
ББК 30.12  
3-63

Рецензенты:

завкафедрой «Подъемно-транспортное оборудование» Российского государственного профессионально-педагогического университета, д-р техн. наук, профессор В. В. Каржавин;  
проф. кафедры индустриального дизайна, канд. техн. наук Э. А. Бубнов (Уральская государственная архитектурно-художественная академия).  
Научный редактор — доц., канд. техн. наук В. И. Вешкурцев

**Зиомковский, В. М**

3-63      Прикладная механика [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. М. Зиомковский, И. В. Троицкий. — 2-е изд., стер. — М. : ФЛИНТА : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 288 с.

ISBN 978-5-9765-3113-0 (ФЛИНТА)

ISBN 978-5-7996-1501-7 (Изд-во Урал. ун-та)

Учебное пособие включает разделы «Основы теоретической механики», «Строение механизмов», «Основы расчета элементов конструкций на прочность и жесткость» и «Основы проектирования деталей и узлов машин». В первом разделе рассмотрены вопросы статики, кинематики и динамики, во втором — структуры плоских рычажных механизмов, третий раздел посвящен определению напряжений и деформаций деталей при различных видах простых и сложных деформаций, в четвертом разделе рассмотрены вопросы конструирования и расчета деталей и узлов машин общего назначения. Большинство разделов сопровождается примерами решения задач и содержит необходимый справочный материал.

Учебное пособие может быть использовано для изучения теоретического материала, а также при выполнении контрольных, расчетно-графических и курсовых работ, предусмотренных рабочими программами дисциплины.

Содержание учебного пособия соответствует программам обучения и требованиям государственных образовательных стандартов.

Библиогр.: 11 назв. Рис. 225. Табл. 22.

УДК 531.8  
ББК 30.12

ISBN 978-5-9765-3113-0 (ФЛИНТА)  
ISBN 978-5-7996-1501-7 (Изд-во Урал. ун-та)

© Уральский федеральный  
университет, 2015

# Оглавление

---

<b>Глава 1. Основы теоретической механики</b> .....	7
1.1. Статика (равновесие тела под действием системы сил) .....	8
1.1.1. Основные понятия и задачи статики .....	8
1.1.2. Аксиомы статики .....	9
1.1.3. Связи и их реакции .....	11
1.1.4. Система сходящихся сил .....	13
1.1.5. Решение задач статики .....	18
1.1.6. Момент силы относительно центра .....	20
1.1.7. Момент силы относительно оси .....	21
1.1.8. Пара сил. Момент пары .....	23
1.1.9. Приведение системы сил к центру .....	25
1.1.10. Условия равновесия произвольной пространственной системы сил .....	27
1.1.11. Плоская система сил .....	28
1.1.12. Решение задач .....	32
1.1.13. Равновесие системы тел .....	34
1.1.14. Равновесие при наличии трения скольжения .....	36
1.2. Кинематика .....	40
1.2.1. Основные понятия, определения и задачи кинематики .....	40
1.2.2. Способы задания движения точки .....	41
1.2.3. Вектор скорости точки .....	44
1.2.4. Вектор ускорения точки .....	45
1.2.5. Определение скорости и ускорения точки при координатном способе задания движения .....	46
1.2.6. Нахождение скорости при естественном способе задания движения .....	47
1.2.7. Нахождение ускорения при естественном способе задания движения. Касательное и нормальное ускорения .....	48
1.2.8. Поступательное и вращательное движение .....	52
1.2.9. Скорости точек тела при вращательном движении .....	55
1.2.10. Ускорения точек вращающегося тела .....	56
1.2.11. Плоскопараллельное движение твердого тела .....	56
1.2.12. Скорости точек плоской фигуры .....	58

1.2.13. Ускорение точек плоской фигуры .....	59
1.2.14. Примеры решения задач по кинематике .....	59
1.3. Динамика.....	62
1.3.1. Законы динамики .....	63
1.3.2. Дифференциальные уравнения движения материальной точки .....	65
1.3.3. Две основные задачи динамики .....	67
1.3.4. Работа силы, мощность .....	72
1.3.5. Теорема об изменении кинетической энергии точки .....	74
1.3.6. Момент инерции тела относительно оси .....	76
1.3.7. Принцип Даламбера .....	78
1.3.8. Частные случаи приведения сил инерции .....	79

## **Глава 2. Основы расчетов элементов конструкций**

<b>на прочность и жесткость .....</b>	<b>83</b>
2.1. Задачи и методы расчета .....	83
2.2. Допущения, принимаемые при расчетах на прочность .....	84
2.3. Классификация внешних нагрузок .....	85
2.4. Основные виды деформаций .....	86
2.5. Метод сечений. Напряжение .....	87
2.6. Осевое растяжение и сжатие прямолинейного стержня .....	91
2.6.1. Построение эпюр продольных сил .....	91
2.6.2. Определение нормальных напряжений в поперечных сечениях стержня .....	93
2.6.3. Определение деформаций .....	94
2.6.4. Статически неопределимые задачи при осевом растяжении или сжатии .....	96
2.7. Механические испытания свойств материалов .....	97
2.7.1. Диаграмма растяжения .....	97
2.7.2. Твердость .....	101
2.7.3. Определение допускаемых напряжений и коэффициента запаса прочности .....	102
2.8. Сложное напряженное состояние .....	105
2.8.1. Напряжения в наклонных площадках при осевом растяжении или сжатии .....	105
2.8.2. Напряжения на взаимно-перпендикулярных площадках .....	106
2.8.3. Определение напряжений в наклонных сечениях при растяжении или сжатии по двум взаимно- перпендикулярным направлениям .....	107
2.8.4. Обобщенный закон Гука .....	108

2.9. Геометрические характеристики плоских сечений .....	109
2.9.1. Статические моменты плоских сечений.....	109
2.9.2. Моменты инерции плоских сечений .....	111
2.9.3. Моменты инерции простых плоских сечений .....	112
2.9.4. Центробежный момент инерции .....	114
2.9.5. Зависимость между моментами инерции относительно параллельных осей, одна из которых центральная .....	115
2.10. Сдвиг и кручение.....	117
2.10.1. Определение напряжений и деформаций при сдвиге .....	117
2.10.2. Определение внутренних силовых факторов при кручении .....	119
2.10.3. Определение касательных напряжений и деформаций при кручении стержня круглого сечения .....	123
2.11. Плоский поперечный изгиб прямого бруса.....	132
2.11.1. Общие понятия о деформации изгиба .....	132
2.11.2. Опоры и опорные реакции балок.....	133
2.11.3. Определение опорных реакций.....	134
2.11.4. Поперечная сила и изгибающий момент в сечении...	137
2.11.5. Зависимость между изгибающим моментом, поперечной силой и интенсивностью распределенной нагрузки.....	140
2.11.6. Построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов.....	142
2.11.7. Определение нормальных напряжений при изгибе .....	146
2.11.8. Условие прочности по нормальным напряжениям .....	151
2.12. Сложное сопротивление .....	153
2.12.1. Совместное действие изгиба с кручением .....	153
2.12.2. Сочетание изгиба с растяжением или сжатием .....	158
<b>Глава 3. Структура механизмов .....</b>	<b>160</b>
3.1. Основные понятия и определения .....	161
3.2. Классификация кинематических пар .....	163
3.3. Кинематическая цепь. Механизм .....	165
3.4. Кинематические соединения .....	168
3.5. Плоские механизмы.....	168
3.6. Классификация плоских механизмов.....	169
3.7. Последовательность структурного анализа механизма.....	172

<b>Глава 4. Основы проектирования деталей и узлов машин .....</b>	<b>174</b>
4.1. Этапы проектирования изделия.....	176
4.2. Основные требования к машинам .....	176
4.2.1. Основные критерии работоспособности и расчета деталей машин.....	178
4.2.2. Машиностроительные материалы и термическая обработка.....	182
4.3. Механические передачи .....	185
4.3.1. зубчатые передачи.....	188
4.3.2. Цилиндрические зубчатые передачи .....	190
4.4. Ременные передачи.....	214
4.4.1. Расчет плоскоременной передачи .....	219
4.4.2. Клиноременная передача.....	230
4.4.3. Нагрузка на валы и опоры.....	231
4.5. Цепные передачи .....	232
4.5.1. Приводные цепи.....	233
4.5.2. Звездочки .....	236
4.5.3. Передаточное число цепной передачи .....	238
4.5.4. Основные геометрические соотношения в цепных передачах .....	238
4.5.5. Силы в цепной передаче .....	239
4.5.6. Расчет передачи роликовой цепью .....	240
4.5.7. Натяжение и смазывание цепи. КПД цепных передач ..	241
4.5.8. Рекомендации по конструированию цепных передач....	242
4.6. Валы и оси .....	243
4.6.1. Расчет валов .....	245
4.7. Опоры валов .....	251
4.7.1. Подшипники скольжения.....	251
4.7.2. Подшипники качения .....	255
4.8. Соединения деталей машин .....	262
4.8.1. Резьбовые соединения.....	263
4.8.2. Сварные соединения .....	268
4.8.3. Шпоночные соединения.....	271
4.8.4. Муфты.....	273
4.9. Точность изготовления деталей .....	276
4.9.1. Взаимозаменяемость .....	276
4.10. Шероховатость поверхности .....	283
Список литературы.....	286