

## Оглавление

<i>Предисловие</i> .....	3
<b>ЧАСТЬ 1. СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ. ОСНОВНОЙ КУРС</b> ....	5
<b>Глава 1. Основные понятия</b> .....	6
1.1. Реальный объект и расчетная схема.....	6
1.2. Тела, рассматриваемые в сопротивлении материалов.....	7
1.3. Силы внешние и внутренние .....	7
1.4. Определение внутренних усилий методом сечений .....	8
1.5. Напряжения.....	11
1.6. Условия эквивалентности напряжений и внутренних усилий ....	12
1.7. Деформации.....	13
1.8. Потенциальная энергия упругой деформации .....	14
1.9. Гипотезы и допущения в сопротивлении материалов .....	16
1.10. Условие прочности.....	18
1.11. Виды опор, используемые в схемах сопротивления материалов . .	19
1.12. Статически определимые и статически неопределимые системы.....	20
1.13. Цели и задачи сопротивления материалов .....	22
1.14. Неучитываемые факторы.....	23
<b>Глава 2. Геометрические характеристики поперечных сечений</b> .....	27
2.1. Статические моменты площади сечений.....	27
2.2. Моменты инерции сечений.....	30
<b>Глава 3. Определение внутренних усилий</b> .....	36
3.1. Растяжение—сжатие.....	36
3.2. Кручение.....	37
3.3. Изгиб.....	37
3.4. Дифференциальные зависимости внутренних усилий от распределенной нагрузки .....	39
<b>Глава 4. Растяжение—сжатие</b> .....	43
4.1. Внутренние усилия и напряжения.....	43
4.2. Деформации.....	44
4.3. Закон Гука.....	45
4.4. Потенциальная энергия упругой деформации.....	46
4.5. Напряжения на наклонных площадках .....	47
4.6. Закон парности касательных напряжений .....	47
4.7. Понятие о главных напряжениях.....	48
<b>Глава 5. Механические характеристики материалов</b> .....	50
5.1. Признаки хрупкого и пластического разрушения материалов....	50
5.2. Диаграмма деформирования мягкой стали .....	51
5.2.1. Характеристики прочности.....	53
5.2.2. Характеристики пластичности.....	55

5.2.3. Работа разрушения при разрыве.....	55
5.2.4. Диаграммы деформирования других материалов.....	56
5.3. Испытание материалов на сжатие.....	57
5.4. Допускаемые напряжения.....	59
5.5. Диаграммы условных и истинных напряжений.....	60
<b>Глава 6. Сдвиг и кручение.....</b>	<b>63</b>
6.1. Сдвиг.....	63
6.2. Расчет простейших соединений.....	65
6.2.1. Расчет тяги.....	66
6.2.2. Расчет штифта (заклепки).....	67
6.2.3. Расчет сварного соединения.....	68
6.3. Кручение стержней круглого поперечного сечения.....	68
6.3.1. Касательные напряжения и угол закручивания.....	69
6.3.2. Потенциальная энергия при кручении стержня.....	73
6.4. Связь между крутящим моментом, мощностью и скоростью вращения вала.....	74
6.5. Кручение стержней некруглого поперечного сечения.....	75
<b>Глава 7. Плоский поперечный изгиб.....</b>	<b>79</b>
7.1. Нормальные напряжения при изгибе балки.....	79
7.1.1. Условие прочности при изгибе.....	82
7.1.2. Рациональная форма поперечного сечения.....	84
7.2. Касательные напряжения при изгибе.....	85
7.2.1. Распределение касательных напряжений в сечениях различной формы.....	87
7.2.2. Проверка прочности по касательным напряжениям.....	90
7.3. Потенциальная энергия упругой деформации при изгибе.....	92
7.4. Перемещения при изгибе.....	93
7.4.1. Непосредственное интегрирование уравнения упругой линии балки.....	94
7.4.2. Метод начальных параметров.....	95
7.5. Изгиб кривых брусьев.....	97
7.6. Расчет балок на упругом основании.....	100
<b>Глава 8. Учет пластических деформаций.....</b>	<b>102</b>
8.1. Связь напряжений и деформаций.....	102
8.2. Учет пластических деформаций при растяжении—сжатии.....	103
8.3. Учет пластических деформаций при изгибе.....	104
8.4. Учет пластических деформаций при кручении.....	107
8.5. Расчеты по предельной нагрузке.....	110
8.6. Понятие о приспособляемости конструкций.....	116
<b>Глава 9. Основы напряженно-деформированного состояния.....</b>	<b>118</b>
9.1. Деформации.....	118
9.2. Напряжения.....	119
9.3. Виды напряженного состояния.....	121
9.4. Плоское напряженное состояние.....	122
9.4.1. Прямая задача.....	122
9.4.2. Обратная задача.....	125
9.5. Связь напряжений и деформаций. Обобщенный закон Гука.....	127
9.6. Гипотезы прочности и пластичности.....	129
9.6.1. Гипотезы прочности.....	130

9.6.2. Гипотезы пластичности .....	131
9.6.3. Гипотеза Мора .....	134
9.7. Условие прочности при плоском напряженном состоянии .....	135
<b>Глава 10. Сложное сопротивление</b> .....	<b>137</b>
10.1. Внутренние усилия при сложном сопротивлении .....	137
10.2. Напряжения .....	140
10.3. Расчет на прочность при сложном сопротивлении .....	143
10.3.1. Стержень произвольного сечения .....	143
10.3.2. Прямоугольное сечение .....	144
10.3.3. Круглое или кольцевое сечение .....	145
10.4. Частные случаи сложного сопротивления .....	147
10.5. Понятие о ядре сечения .....	147
<b>Глава 11. Энергетический метод расчета упругих систем</b> .....	<b>150</b>
11.1. Интеграл Мора .....	151
11.1.1. Определение перемещений в кривом брусе .....	154
11.1.2. Порядок определения перемещений с помощью интеграла Мора .....	155
11.2. Метод сил .....	156
11.2.1. Степень статической неопределимости .....	156
11.2.2. Перемещение от единичной силы (коэффициент податливости) .....	158
11.2.3. Канонические уравнения метода сил .....	159
11.2.4. Учет монтажных и температурных напряжений .....	162
11.2.5. Учет симметрии в методе сил .....	162
11.2.6. Проверка правильности решения системы .....	164
11.2.7. Порядок решения статически неопределимой задачи методом сил .....	164
11.3. Определение перемещений систем из нескольких элементов .....	165
<b>Глава 12. Устойчивость сжатых стержней</b> .....	<b>168</b>
12.1. Определение критической силы. Формула Эйлера .....	169
12.2. Определение критической силы при других видах закрепления ..	171
12.3. Критические напряжения .....	172
12.4. Расчет сжатых стержней на устойчивость .....	173
12.5. Энергетический метод определения критической силы .....	175
12.6. Продольно-поперечный изгиб .....	178
<b>Глава 13. Расчет тонкостенных оболочек</b> .....	<b>180</b>
13.1. Безмоментная теория тонкостенных оболочек .....	180
13.1.1. Гипотезы и допущения .....	180
13.1.2. Формула Лапласа .....	182
13.1.3. Частные случаи тонкостенных оболочек .....	183
13.1.4. Расчет на прочность .....	184
13.2. Расчет распорного кольца .....	185
13.3. Деформация трубы под давлением .....	186
13.4. Краевой эффект .....	187
<b>Глава 14. Динамика упругих систем</b> .....	<b>190</b>
14.1. Учет сил инерции при движении тела .....	190
14.2. Колебания упругой системы .....	191
14.2.1. Уравнение движения системы с одной степенью свободы .....	192

14.2.2. Свободные затухающие колебания .....	193
14.2.3. Опытное определение коэффициента затухания колебаний ..	195
14.3. Определение собственной частоты системы с одной степенью свободы .....	196
14.3.1. Определение собственной частоты без учета собственной массы системы .....	196
14.3.2. Определение собственной частоты с учетом собственной массы системы .....	197
14.3.3. Крутильные колебания .....	198
14.3.4. Замечания к расчету собственных частот колебаний .....	199
14.4. Ударная нагрузка .....	200
14.4.1. Вертикальный удар .....	201
14.4.2. Горизонтальный удар .....	202
14.4.3. Крутящий удар .....	203
14.4.4. Замечания к расчетам на ударную нагрузку .....	204
14.5. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы ..	204
14.5.1. Импульс силы .....	205
14.5.2. Произвольная нагрузка .....	206
14.5.3. Гармоническое действие силы .....	206
14.5.4. Критическая скорость вращения вала .....	207
<b>Глава 15. Усталость материалов .....</b>	<b>209</b>
15.1. Механизм усталостного разрушения .....	209
15.2. Характеристики цикла нагружения .....	211
15.3. Диаграммы усталостной прочности .....	213
15.3.1. Усталостная кривая .....	213
15.3.2. Диаграмма предельных амплитуд .....	216
15.3.3. Приближенное построение диаграмм усталостной прочности .....	217
15.4. Расчет на усталость при нестационарной нагрузке .....	219
15.5. Факторы, влияющие на предел выносливости .....	221
15.5.1. Концентрация напряжений .....	221
15.5.2. Размеры детали .....	222
15.5.3. Состояние поверхности .....	223
15.5.4. Поверхностное упрочнение .....	224
15.5.5. Влияние коррозии .....	225
15.5.6. Влияние температуры .....	225
15.6. Предел выносливости детали .....	226
15.7. Расчет на усталостную прочность .....	226
15.8. Понятие о малоцикловой усталости .....	228
<b>Глава 16. Природа разрушения твердых тел .....</b>	<b>231</b>
16.1. Природа упругой деформации .....	231
16.2. Теоретическая прочность твердых тел .....	232
16.3. Реальная прочность. Роль дефектов структуры .....	233
16.4. Виды дислокаций .....	234
16.5. Размножение дислокаций .....	236
16.6. Механизмы упрочнения .....	237
16.7. Механизм больших пластических деформаций .....	238
16.8. Механизмы образования трещин .....	239
16.9. Механизмы роста трещин и пластического разрушения .....	240
16.10. Механизм хрупкого разрушения .....	241

<b>Глава 17. Факторы, влияющие на прочность и разрушение материалов</b>	243
17.1. Время действия статической нагрузки .....	243
17.1.1. Ползучесть .....	243
17.1.2. Релаксация .....	244
17.1.3. Длительная прочность .....	245
17.2. Скорость деформации .....	246
17.3. Температура эксплуатации .....	246
17.4. Переход от пластического разрушения к хрупкому .....	247
17.5. Напряженное состояние .....	250
17.6. Остаточные напряжения .....	251
<b>Глава 18. Линейная механика разрушения тел с трещинами</b> .....	254
18.1. Основные гипотезы .....	254
18.2. Критерии трещиностойкости .....	257
18.3. Живучесть конструкций .....	260
<b>Глава 19. Элементы рационального и оптимального проектирования конструкций</b> .....	263
19.1. Выбор рациональной конструкции .....	263
19.2. Выбор критериев оптимизации .....	265
<b>ЧАСТЬ 2. МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ</b> .....	267
<b>Глава 20. Основные уравнения теории упругости</b> .....	270
20.1. Теория деформаций .....	270
20.1.1. Перемещение точки деформируемого твердого тела .....	270
20.1.2. Связь деформаций и перемещений .....	272
20.1.3. Тензор малых деформаций .....	274
20.1.4. Теорема Гельмгольца .....	274
20.2. Теория напряжений .....	276
20.2.1. Равновесие элементарного тетраэдра. Тензор напряжений ...	276
20.2.2. Дифференциальные уравнения равновесия .....	278
20.2.3. Векторы напряжений и деформаций .....	280
20.2.4. Изменение компонент тензоров при повороте осей координат	282
20.2.5. Главные напряжения и главные деформации .....	284
20.3. Связь между напряжениями и деформациями .....	288
20.3.1. Физические уравнения теории упругости .....	289
20.3.2. Законы упругого изменения объема и формы тела .....	293
20.4. Виды напряженного состояния .....	295
20.5. Уравнения теории упругости для частных случаев нагружения ...	297
<b>Глава 21. Основы расчета упругих систем</b> .....	300
21.1. Начало возможных перемещений .....	300
21.2. Теорема о взаимности работ и перемещений .....	302
21.3. Закон Гука для внешних сил .....	304
21.4. Потенциальная энергия упругой деформации .....	306
<b>Глава 22. Матричный метод расчета упругих стержневых систем</b> .....	308
22.1. Основная идея матричного метода перемещений .....	308
22.2. Формирование матрицы жесткости и функций формы стержневого элемента .....	309
22.2.1. Матрица жесткости плоского стержневого элемента .....	309

22.2.2. Функции формы плоского элемента .....	311
22.3. Матрица жесткости произвольно ориентированного элемента...	316
22.4. Матрица жесткости стержневой системы.....	318
22.5. Формирование вектора сил системы.....	320
22.6. Учет граничных условий.....	322
22.7. Порядок расчета стержневой системы матричным методом.....	323
<b>Глава 23. Метод конечных элементов.....</b>	<b>325</b>
23.1. Сравнение метода конечных элементов и матричного метода перемещений .....	325
23.2. Требования к функциям формы.....	326
23.3. Определение функций формы линейного треугольного элемента.....	327
23.4. Формирование матрицы жесткости элемента .....	329
23.5. Матрица жесткости треугольного элемента .....	330
23.6. Порядок решения плоской задачи теории упругости методом конечных элементов .....	331
23.7. Решение уравнения Пуассона.....	333
23.7.1. Кручение стержня произвольного поперечного сечения.....	333
23.7.2. Общий подход к решению задач методом конечных элементов (МКЭ).....	335
23.7.3. Решение уравнения Пуассона методом конечных элементов ..	338
23.7.4. Расчет стержня на кручение .....	340
23.8. Использование сложных конечных элементов .....	341
23.9. Разбивка тела на конечные элементы .....	347
<b>Глава 24. Динамика и устойчивость стержневых систем.....</b>	<b>349</b>
24.1. Уравнение движения системы с $n$ степенями свободы .....	349
24.2. Определение матрицы масс $[M]$ и матрицы диссипации $[H]$ ...	350
24.3. Определение собственных частот системы с $n$ степенями свободы.....	353
24.4. Вынужденные колебания системы с $n$ степенями свободы .....	355
24.5. Устойчивость стержневых систем.....	357
<b>Глава 25. Упругопластическая задача .....</b>	<b>360</b>
25.1. Условие пластичности.....	360
25.2. Законы теории пластичности.....	361
25.3. Физические уравнения теории пластичности.....	364
25.4. Решение упругопластической задачи МКЭ.....	367
<b>Глава 26. Возможности современных вычислительных комплексов .....</b>	<b>371</b>
26.1. Основные возможности ANSYS.....	372
26.1.1. Область применения.....	372
26.1.2. Структура AN SYS и последовательность расчета.....	373
26.1.3. Создание геометрической модели.....	374
26.1.4. Подготовка к расчету .....	375
26.1.5. Проведение расчета .....	385
26.1.6. Просмотр результатов расчета .....	385
26.2. Основные возможности COSMOS/Works.....	388
26.3. Основные возможности комплекса ZENIT.....	398
<i>Литература .....</i>	<i>400</i>