

В. А. ГАСТЕВ

---

КРАТКИЙ  
КУРС  
СОПРОТИВЛЕНИЯ  
МАТЕРИАЛОВ

---



В. А. ГАСТЕВ

# КРАТКИЙ КУРС СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ,  
ПЕРЕРАБОТАННОЕ

*Допущено Министерством  
высшего и среднего специального образования СССР  
в качестве учебника для студентов  
высших технических учебных заведений*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»  
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ  
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
МОСКВА 1977

**Краткий курс сопротивления материалов.** Гастев В. А., Изд. 2-е, Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», М., 1977, 456 стр.

В книге с достаточной полнотой изложены все вопросы, обычно включаемые в курсы по сопротивлению материалов. Краткость изложения достигается оригинальным использованием простейших методов теорий упругости и пластичности.

Наряду с основными разделами, такими, как деформация стержней и исследование напряженного состояния в общем случае, излагается и ряд специальных вопросов: теория криволинейных, гибких и тонкостенных стержней. Рассматриваются также основные модели неупругих тел и их использование в расчетах прочности. На основе использования новейших достижений механики разрушения вполне современно изложены вопросы теории прочности.

Книга предназначена в качестве учебника для студентов вузов, но может быть полезна и для студентов механических специальностей университетов и инженеров.

○ Табл. 11. илл. 256.

*Владимир Алексеевич Гастев*

Краткий курс сопротивления материалов

М., 1977 г., 456 стр. с илл.

Редактор *А. Г. Мордвинцев*

Техн. редактор *И. Ш. Аксельрод*

Корректоры *Е. А. Белицкая, Н. В. Хрипунова*

---

Сдано в набор 24.06.1977 г. Подписано к печати 25.11.1977 г. Бумага 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub> тип. № 2.  
 Физ. печ. л. 28,5. Условн. печ. л. 28,5. Уч.-изд. л. 26,8. Тираж 50 000 экз.  
 Цена книги 1 р. 10 к. Заказ № 635

---

Издательство «Наука»

Главная редакция физико-математической литературы  
 117071, Москва, В-71, Ленинский проспект, 15

---

Ордена Трудового Красного Знамени Ленинградская типография № 2 имени Евгении Соколовой Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 198052, Ленинград, Л-52, Измайловский проспект, 29

Г  $\frac{30106-173}{053(02)-77}$  134-77

© Главная редакция  
 физико-математической литературы  
 издательства «Наука», 1977, с изменениями

## ОГЛАВЛЕНИЕ

От издательства . . . . .	8
Предисловие к первому изданию . . . . .	10
<b>Глава 1. Введение . . . . .</b>	<b>11</b>
1. Предмет сопротивления материалов (11). 2. Нагрузки и их классификация (16). 3. Виды деформаций. Принцип Сен-Венана (18). 4. Деформации и усилия. Условие прочности (20). 5. Деформации и напряжения (22). 6. Простейшие типы деформаций стержней (23).	
<b>Глава 2. Осевое растяжение и сжатие призматических стержней . . . . .</b>	<b>25</b>
§ 1. Напряжения и деформации при растяжении и сжатии призматических стержней . . . . .	25
1. Напряжения в растянутых и сжатых стержнях. Условие прочности (25). 2. Основные типы задач расчета стержней по условию прочности (27). 3. Деформации растянутых и сжатых стержней. Закон Гука. Коэффициент Пуассона (28).	
§ 2. Напряжения и деформации стержней переменного сечения . . . . .	31
§ 3. Влияние собственного веса на напряжения и деформации стержней . . . . .	33
1. Вычисление напряжений. Условия прочности (33). 2. Подбор сечения стержней большой длины. Стержни переменного сечения (34). 3. Деформации стержней с учетом собственного веса (35).	
§ 4. Статически неопределимые конструкции из растянутых и сжатых стержней . . . . .	36
§ 5. Методы и основные результаты экспериментального исследования процессов деформации и разрушения растянутых и сжатых стержней при действии статических нагрузок . . . . .	42
1. Испытания на растяжение и сжатие (42). 2. Диаграммы растяжения стержней из пластических и хрупких материалов (44). 3. Диаграммы сжатия и сопоставление их с диаграммами растяжения (46). 4. Диаграммы условных напряжений для пластичных и хрупких материалов (48). 5. Диаграммы истинных напряжений (53). 6. Работа деформации растяжения и сжатия (58). 7. Влияние повторных нагрузок на механические свойства материалов. Наклеп (61).	
§ 6. Расчет статически неопределимых стержневых конструкций по предельному состоянию . . . . .	64
§ 7. Влияние местных ослаблений на напряженно-деформированное состояние растянутых и сжатых стержней . . . . .	66
§ 8. Соображения о выборе коэффициентов запаса . . . . .	70
<b>Глава 3. Исследование напряженного состояния тел . . . . .</b>	<b>72</b>
§ 9. Напряженное состояние растянутых и сжатых стержней . . . . .	72
1. Напряжения по наклонным к оси стержня площадкам (72). 2. Два основных типа разрушения (74). 3. Главные площадки и главные напряжения (75).	
§ 10. Плоское напряженное состояние . . . . .	75
1. Аналитическое исследование плоского напряженного состояния (75). 2. Графическое представление плоского напряженного состояния. Круг напряжений (81). 3. Перемещения и деформации при плоском напряженном	

	состоянии (82). 4. Зависимости между напряжениями и деформациями при плоском напряженном состоянии (86). 5. Зависимость между деформациями при плоском напряженном состоянии (88).	
§ 11.	Объемное напряженное состояние . . . . .	90
	1. Выражение напряжений по наклонным к главным осям площадкам через главные напряжения (90). 2. Свойства напряжений по взаимно перпендикулярным элементарным площадкам (91). 3. Графическое представление объемного напряженного состояния (92). 4. Напряжения по октаэдрической площадке (97). 5. Деформации при объемном напряженном состоянии (98). 6. Общая теория напряжений при объемном напряженном состоянии (102). 7. Общая теория деформаций при объемном напряженном состоянии (105). 8. Удельная работа упругой деформации (108).	
§ 12.	Напряжения и деформации при чистом сдвиге . . . . .	109
	1. Деформация чистого сдвига (109). 2. Напряжения при чистом сдвиге (111). 3. Определение деформаций при чистом сдвиге (112).	
§ 13.	Применение теории чистого сдвига к расчету заклепочных и болтовых соединений . . . . .	114
<b>Глава 4.</b>	<b>Критерии пластичности и разрушения . . . . .</b>	<b>117</b>
§ 14.	Классические теории прочности . . . . .	117
	1. Введение (117). 2. Первая и вторая теории прочности (119). 3. Третья и четвертая теории прочности (123).	
§ 15.	Эмпирические и полуэмпирические критерии пластичности и разрушения . . . . .	127
§ 16.	Процесс разрушения . . . . .	135
§ 17.	Накопление повреждений . . . . .	136
§ 18.	Механика трещин . . . . .	137
§ 19.	Коэффициенты интенсивности . . . . .	142
§ 20.	Общий план решения задачи о проверке прочности . . . . .	145
<b>Глава 5.</b>	<b>Плоский изгиб балок симметричного поперечного сечения . 151</b>	
§ 21.	Основные понятия. Внешние силы, действующие на балку . . . . .	151
§ 22.	Усилия в сечениях балки . . . . .	155
	1. Определение усилий в сечениях балки. Изгибающий момент и поперечная сила (155). 2. Эпюры $Q$ и $M$ (155). 3. Зависимости между $M$ , $Q$ и $q$ (159).	
§ 23.	Чистый изгиб . . . . .	161
	1. Основные положения, характеризующие деформацию чистого изгиба (161). 2. Напряженное состояние балки при чистом изгибе (165). 3. Плоский чистый изгиб балки с точки зрения общей теории объемного напряженного состояния (169). 4. Проверка прочности балок при чистом изгибе. Сравнительная оценка различных форм поперечных сечений балок (173). 5. Расчет балок на чистый изгиб по предельному состоянию (174).	
§ 24.	Напряженное состояние балки в общем случае плоского изгиба (при изгибе с поперечной силой) . . . . .	177
	1. Основные положения и допущения (177). 2. Определение касательных напряжений в сечениях балки (178). 3. Распределение касательных напряжений в балках прямоугольного, круглого и двутаврового сечения (181). 4. Главные напряжения в балках. Проверка прочности (185). 5. Расчет балок на изгиб с поперечной силой по предельному состоянию (190).	
§ 25.	Деформации балок . . . . .	192
	1. Уравнение оси изогнутой балки (192). 2. Графоаналитический метод определения прогибов и углов поворота сечений балки (203). 3. Графический метод построения эпюр изгибающих моментов и оси изогнутой балки (206). 4. Графоаналитическое и графическое определение прогибов балок переменного сечения (209).	
§ 26.	Влияние поперечной силы на напряжения и деформации балки . 210	
	1. Влияние поперечной силы на напряженно-деформированное состояние балки (210). 2. Изгиб с поперечной силой с точки зрения общей теории плоского напряженного состояния (218). 3. Напряжения в балках переменного сечения (220).	



<b>Глава 6. Кручение</b> . . . . .	222
§ 27. Деформация кручения. Основные зависимости . . . . .	222
§ 28. Напряжения при кручении стержня эллиптического поперечного сечения . . . . .	226
§ 29. Кручение стержней круглого поперечного сечения . . . . .	229
§ 30. Кручение стержней прямоугольного сечения . . . . .	231
§ 31. Кручение стержней сложных профилей . . . . .	232
§ 32. Проверка прочности и жесткости скручиваемых стержней . . . . .	233
§ 33. Проверка прочности скручиваемого стержня по предельному состоянию . . . . .	235
<b>Глава 7. Сложный изгиб</b> . . . . .	237
§ 34. Общий случай деформаций стержня при плоском напряженном состоянии . . . . .	237
§ 35. Косой изгиб . . . . .	239
1. Косой изгиб при упругих деформациях (239). 2. Косой изгиб в пластической области (244).	
§ 36. Сжатие (растяжение) с изгибом. Внецентренное сжатие и внецентренное растяжение . . . . .	246
1. Сжатие и изгиб стержней (246). 2. Внецентренное сжатие и внецентренное растяжение стержней большой жесткости при упругих деформациях (249). 3. Внецентренное сжатие стержней большой жесткости в пластической области (257).	
§ 37. Изгиб и кручение . . . . .	260
<b>Глава 8. Потенциальная энергия деформированных тел</b> . . . . .	263
§ 38. Определение и свойства потенциальной энергии деформированных тел . . . . .	263
1. Работа деформации и потенциальная энергия (263). 2. Обобщенные силы и обобщенные перемещения (264). 3. Работа деформации и дополнительная работа деформации (264). 4. Случай, когда обобщенные силы и обобщенные перемещения упругого тела связаны линейными зависимостями (267). 5. Потенциальная энергия для различных случаев упругого деформирования (269).	
§ 39. Применение энергетического метода для определения упругих перемещений . . . . .	273
1. Общий метод определения перемещений для различных видов конструкций (273). 2. Графоаналитический способ вычисления интегралов в формуле перемещений (275).	
<b>Глава 9. Статически неопределимые балки. Общий метод расчета статически неопределимых конструкций</b> . . . . .	279
§ 40. Статически неопределимые балки . . . . .	279
1. Приемы расчета статически неопределимых балок (279). 2. Неразрезные балки (281).	
§ 41. Общие методы расчета статически неопределимых конструкций	285
<b>Глава 10. Изгиб и кручение тонкостенных стержней открытого профиля</b> . . . . .	292
§ 42. Изгиб балок несимметричного поперечного сечения. Центр изгиба . . . . .	292
§ 43. Тонкостенные стержни открытого профиля . . . . .	293
1. Особенности распределения напряжений в тонкостенных стержнях (293). 2. Секториальные координаты (296). 3. Зависимость между средним касательным и нормальным напряжением в точке сечения стержня (298).	
§ 44. Усилия и напряжения в сечении тонкостенного стержня открытого профиля . . . . .	299
1. Усилия в сечении тонкостенного стержня (299). 2. Выражение нормальных напряжений через перемещения (301). 3. Выражение напряжений и перемещений точек сечения через усилия (303).	

§ 45. Расчет тонкостенных стержней открытого профиля . . . . .	309
1. Определение углов закручивания тонкостенного стержня (309). 2. Определение положения главной секториальной нулевой точки и центра изгиба (311). 3. Вычисление секториальных характеристик сечения (313). 4. Примеры расчета (314).	
<b>Глава 11. Стержни с криволинейной осью . . . . .</b>	<b>319</b>
§ 46. Исследование напряжений . . . . .	319
1. Усилия в стержнях с криволинейной осью (319). 2. Чистый изгиб криволинейного стержня (320). 3. Практические методы вычисления нормальных напряжений при чистом изгибе стержней большой кривизны (325). 4. Плоский изгиб криволинейного стержня (329).	
§ 47. Перемещения сечений криволинейных стержней . . . . .	330
§ 48. Расчет кругового кольца на равномерное внутреннее и внешнее давление . . . . .	333
<b>Глава 12. Устойчивость деформированного состояния тел . . . . .</b>	<b>338</b>
§ 49. Устойчивость равновесия абсолютно твердых и деформируемых тел . . . . .	338
1. Устойчивое и неустойчивое равновесие тел (338). 2. Устойчивость равновесия деформируемых тел (342).	
§ 50. Устойчивость деформированного состояния центрально-растянутых и сжатых стержней . . . . .	344
1. Упругая устойчивость сжатых стержней (344). 2. Устойчивость сжатых стержней переменного сечения. Влияние местных ослаблений (350). 3. Влияние поперечной силы на величину критической силы сжатого стержня (354). 4. Поведение сжатого стержня при сжимающей силе, превосходящей критическую (357). 5. Устойчивость сжатого стержня за пределом упругости (361). 6. Практические приемы расчета сжатых стержней (369). 7. Устойчивость сжатых тонкостенных стержней открытого профиля (371).	
§ 51. Гибкие сжато-изогнутые стержни . . . . .	378
§ 52. Устойчивость скручиваемого стержня . . . . .	390
§ 53. Устойчивость плоской формы изгиба . . . . .	393
<b>Глава 13. Упруго-вязкие и вязко-пластические тела . . . . .</b>	<b>396</b>
§ 54. Линейно-деформируемые упруго-вязкие и вязко-пластические тела . . . . .	396
1. Вязкость деформируемых тел (396). 2. Вязкая жидкость (397). 3. Линейно-деформируемое упруго-вязкое тело, обладающее последствием (398). 4. Линейно-деформируемое упруго-вязкое релаксирующее тело (400). 5. Общий случай линейно-деформируемого упруго-вязкого тела (402). 6. Некоторые задачи расчета стержней из материала, следующего закону деформирования типа (13.10) (406). 7. Зависимость между напряжениями и деформациями линейно-деформируемых упруго-вязких тел при объемном напряженном состоянии (409) 8. Вязко-пластические тела (412).	
§ 55. Нелинейные упруго-вязкие тела . . . . .	413
1. Получение нелинейных зависимостей путем обобщения экспериментальных результатов (413). 2. Нелинейное упруго-вязкое тело с полумпирической связью напряжений и деформаций (416).	
§ 56. Ползучесть бетона и металлов . . . . .	418
1. Определение деформаций ползучести (418). 2. Расчеты на ползучесть (423).	
<b>Глава 14. Динамические нагрузки и динамические напряжения . . . . .</b>	<b>426</b>
§ 57. Влияние сил инерции на напряженно-деформированное состояние тел . . . . .	426
1. Задачи изучения действия динамических нагрузок и напряжений (426). 2. Влияние центробежных сил (427). 3. Напряжения при поступательном и возвратно-поступательном движении стержня (430).	

§ 58. Действие ударных нагрузок . . . . .	431
1. Продольный удар (431). 2. Поперечный (изгибающий) удар (436). 3. Влияние массы стержня на напряжения при ударе (437).	
§ 59. Колебания стержней . . . . .	439
§ 60. Динамическая прочность элементов конструкций . . . . .	440
1. Прочность при ударных нагрузках (440). 2. Прочность при динамически переменных нагрузках (442).	
<i>Приложение</i>	
Глава 15. Статические моменты и моменты инерции плоских фигур . . .	447
Именной указатель . . . . .	452
Предметный указатель . . . . .	453