

Министерство образования и науки Российской Федерации
Сибирский федеральный университет

Т. Г. Калиновская, Н. А. Дроздова, А. Т. Рябова-Найдан

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

Красноярск
СФУ
2016

УДК 539.3/.6(07)
ББК 30.121я73
К172

Р е ц е н з е н т ы:

А. В. Прошкин, доктор технических наук, профессор, начальник лаборатории углеродных футеровочных материалов ООО «РУСАЛ ИТЦ»;

Н. А. Смирнов, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технической механики Сибирского государственного аэрокосмического университета имени М. Ф. Решетнёва

Калиновская, Т. Г.

К172 Сопротивление материалов : учеб. пособие / Т. Г. Калиновская, Н. А. Дроздова, А. Т. Рябова-Найдан. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2016. – 164 с.
ISBN 978-5-7638-3580-9

Рассмотрены темы базовых разделов курса «Сопротивление материалов»: «Статика», «Растяжение и сжатие», «Сдвиги и кручение» и др. Приведены примеры решения типовых задач и вопросы для самоконтроля.

Предназначено для бакалавров направления подготовки 22.03.02 «Металлургия», студентов инженерных специальностей других направлений, а также инженеров, преподавателей и специалистов предприятий различных отраслей.

Электронный вариант издания см.:
<http://catalog.sfu-kras.ru>

УДК 539.3/.6(07)
ББК 30.121я73

ISBN 978-5-7638-3580-9

© Сибирский федеральный
университет, 2016

|| ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. СТАТИКА	4
1.1. Основы учения о силах	4
1.1.1. Аксиомы статики	5
1.1.2. Проекция силы на ось.....	6
1.1.3. Момент силы относительно центра	6
1.1.4. Момент силы относительно оси	7
1.1.5. Пара сил и ее момент.....	8
1.1.6. Теорема о параллельном переносе сил.....	9
1.1.7. Приведение системы сил к одному центру	9
1.2. Равновесие тел.....	11
1.2.1. Условия равновесия твердого тела под действием системы сил.....	11
1.2.2. Связи и реакции связей	12
1.2.3. Рекомендации к решению задач статики	14
2. ВВЕДЕНИЕ В «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»	18
2.1. Основные понятия и определения	18
2.2. Гипотезы в сопротивлении материалов	19
2.3. Внешние силы	21
2.4. Внутренние силы. Метод сечений	21
2.5. Напряжения	23
2.6. Перемещения и деформации	25
3. РАСТЯЖЕНИЕ И СЖАТИЕ.....	27
3.1. Внутренних силы напряжения при растяжении и сжатии.....	27
3.1.1 Внутренние усилия в поперечных сечениях стержня	27
3.1.2 Напряжения в поперечных сечениях стержня	27
3.1.3 Напряжения в наклонных сечениях стержня	28
3.2. Деформации при растяжении и сжатии	30
3.3. Механические испытания конструкционных материалов	32
3.3.1. Диаграмма растяжения.....	33
3.3.2. Испытания на сжатие	36
3.3.3. Испытание на твердость.....	37
3.3.4. Ползучесть и релаксация, длительная прочность материала.....	37
3.4. Потенциальная энергия деформации	38

3.5. Условия прочности и жесткости при растяжении и сжатии.....	40
3.5.1. Условие прочности.....	40
3.5.2. Условие жесткости.....	41
3.5.3. Расчет на прочность и жесткость стержня.....	41
3.6. Учет собственного веса при растяжении и сжатии.....	45
4. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
ПЛОСКИХ СЕЧЕНИЙ.....	48
4.1. Статический момент площади сечения.....	48
4.2. Моменты инерции площади сечения.....	49
4.3. Моменты инерции плоской фигуры	
относительно параллельных осей.....	50
4.4. Моменты инерции плоской фигуры	
относительно повернутых осей.....	50
4.5. Главные оси и главные моменты инерции плоской фигуры.....	51
4.6. Расчеты геометрических характеристик сложного сечения.....	51
5. СДВИГ И КРУЧЕНИЕ.....	56
5.1. Сдвиг.....	56
5.2. Кручение.....	57
5.2.1. Эпюры крутящих моментов.....	58
5.2.2. Напряжения при кручении.....	58
5.2.3. Деформации при кручении.....	61
5.2.4. Условия прочности и жесткости вала.....	61
5.2.5. Потенциальная энергия при кручении.....	63
5.2.6. Расчет вала на прочность и жесткость.....	63
6. ИЗГИБ.....	75
6.1. Внутренние силовые факторы при изгибе.....	75
6.1.1. Внутренние силовые факторы в сечениях балки.....	75
6.1.2. Дифференциальные зависимости Журавского.....	76
6.1.3. Внутренние силовые факторы в сечениях рамы.....	77
6.2. Напряжения в балке при изгибе.....	80
6.2.1. Нормальные напряжения.....	80
6.2.2. Касательные напряжения.....	84
6.2.3. Напряжения в наклонных сечениях.....	85
6.3. Расчет балок на прочность при изгибе.....	86
6.4. Перемещения при изгибе.....	89
6.5. Потенциальная энергия деформации при изгибе.....	99
7. ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ.	
ГИПОТЕЗЫ (ТЕОРИИ) ПРОЧНОСТИ.....	101
7.1. Напряженное состояние в точке.....	101
7.2. Графический способ определения напряжений.....	103

7.3. Обобщенный закон Гука	105
7.4. Гипотезы (теории) прочности	107
7.4.1. Гипотеза наибольших нормальных напряжений (I теория прочности)	108
7.4.2. Гипотеза наибольших линейных деформаций (II теория прочности).....	108
7.4.3. Гипотеза наибольших касательных напряжений (III теория прочности)	109
7.4.4. Гипотеза энергии формоизменения (IV теория прочности)	109
7.4.5. Теория прочности Мора (V теория прочности).....	110
8. РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ СЛОЖНОМ СОПРОТИВЛЕНИИ	112
8.1. Косой изгиб	112
8.2. Изгиб с растяжением или сжатием	115
8.3. Внецентренное растяжение или сжатие	116
8.4. Кручение с изгибом	117
9. УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ. ПРОДОЛЬНЫЙ ИЗГИБ.....	124
9.1. Понятие об устойчивости первоначальной формы равновесия	124
9.2. Формула Эйлера для критической силы	125
9.3. Пределы применимости формулы Эйлера	127
9.4. Влияние гибкости стержня на критические напряжения	128
9.5. Расчет на устойчивость с помощью коэффициента снижения допускаемого напряжения	130
10. РАСЧЕТЫ КОНСТРУКЦИЙ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ.....	135
10.1. Явление усталости	135
10.2. Кривая усталости при симметричном цикле.....	137
10.3. Факторы, оказывающие влияние на предел выносливости.....	137
10.3.1. Масштабный фактор	139
10.3.2. Состояние поверхности детали	139
10.3.3. Внешняя среда	139
10.4. Определение коэффициента запаса усталостной прочности	140
11. РАСЧЕТЫ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ УДАРЕ	143
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	147
ПРИЛОЖЕНИЯ	148
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	157