

В.Г. АТАПИН, А.Н. ПЕЛЬ,
А.И. ТЕМНИКОВ

СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

БАЗОВЫЙ КУРС
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ

Учебник

НОВОСИБИРСК
2011

УДК 620.1(075.8)
А 92

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *В.Н. Максименко*
д-р техн. наук, профессор *К.А. Матвеев*

Атапин В.Г.

А 92 Сопротивление материалов. Базовый курс. Дополнительные главы :
учебник / В.Г. Атапин, А.Н. Пель, А.И. Темников. – Новосибирск :
Изд-во НГТУ, 2011. – 508 с. – (Серия «Учебники НГТУ»).

ISBN 978-5-7782-1750-8

Содержание учебника включает базовый курс сопротивления материалов с дополнительными главами для подготовки бакалавров. Особенностью учебника является принятое в нем построение излагаемого материала (теория, важные моменты, методика решения задач, примеры), позволяющее студенту самостоятельно изучать материал дисциплины независимо от формы обучения. Кроме того, в учебнике приводятся биографии выдающихся учёных-механиков с основными датами их жизни, дается предистория рассматриваемой в главе темы с основными датами.

Предназначен для бакалавров машиностроительных, авиационных, судостроительных и транспортных направлений подготовки технических университетов.

УДК 620.1(075.8)

ISBN 978-5-7782-1750-8

© Атапин В.Г., Пель А.Н., Темников А.И., 2011

© Новосибирский государственный
технический университет, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	11
А. Базовый курс.....	13



Глава 1

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ.....	15
1.1. Цели и задачи сопротивления материалов	15
1.2. Модели прочностной надёжности.....	18
1.3. Виды деформации стержня.....	28
1.4. Внутренние силы. Метод сечений.....	29
1.5. Напряжения	33
1.6. Деформации и перемещения.....	37
1.7. Закон Гука	40
1.8. Принципы сопротивления материалов	42
1.9. Методы расчёта элементов конструкций.....	44



Глава 2

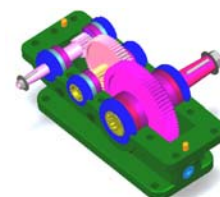
РАСТЯЖЕНИЕ И СЖАТИЕ СТЕРЖНЕЙ	49
2.1. Нормальная сила. Напряжение	49
2.2. Деформации и перемещения.....	58
2.3. Испытание материалов на растяжение и сжатие	64
2.4. Расчёты на прочность при растяжении и сжатии стержней	73
2.5. Растяжение стержня с учётом собственного веса.....	78
2.6. Статически неопределимые задачи растяжения и сжатия стержней	79
2.7. Учёт влияния температуры.....	82
2.8. Стержневые системы.....	83



Глава 3

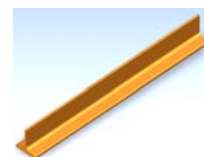
ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАПРЯЖЁННОГО И ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ.

МОДЕЛИ РАЗРУШЕНИЯ.....	91
3.1. Напряжённое состояние в точке тела.....	91
3.2. Напряжения в площадке общего положения.....	93
3.3. Главные оси. Главные напряжения.....	95
3.4. Плоское напряжённое состояние.....	100
3.5. Исследование напряжённого состояния с помощью круга Мора	106
3.6. Деформированное состояние в точке тела	112
3.7. Модели упругости	114
3.8. Потенциальная энергия деформации.....	117
3.9. Модели статического разрушения	120



Глава 4

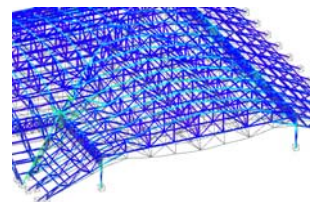
КРУЧЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ.....	137
4.1. Чистый сдвиг.....	137
4.2. Кручение стержня с круглым поперечным сечением.....	139
4.3. Кручение стержня с некруглым поперечным сечением.....	152
4.4. Статически неопределимые задачи.....	153
4.5. Кручение тонкостенных стержней.....	159



Глава 5

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ СТЕРЖНЕЙ

ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ СТЕРЖНЕЙ	167
5.1. Общие сведения	167
5.2. Статические моменты площади поперечного сечения.....	168
5.3. Моменты инерции площади поперечного сечения.....	173
5.4. Изменение моментов инерции при повороте осей	177



Глава 6

ИЗГИБ СТЕРЖНЕЙ	185
6.1. Внутренние силовые факторы	185
6.2. Напряжения в стержне при чистом изгибе.....	200
6.3. Напряжения в стержне при поперечном изгибе.....	215
6.4. Касательные напряжения при поперечном изгибе тонкостенных стержней	224
6.5. Перемещения при изгибе	236
6.6. Балки переменного поперечного сечения.....	245



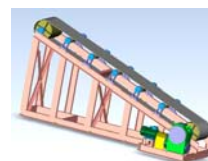
Глава 7

СЛОЖНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ СТЕРЖНЕЙ	249
7.1. Косой изгиб.....	250
7.2. Внецентренное растяжение и сжатие	256
7.3. Изгиб с кручением.....	262
7.4. Пространственные стержневые системы	269



Глава 8

ПОТЕНЦИАЛЬНАЯ ЭНЕРГИЯ ДЕФОРМАЦИИ.	
ОБЩИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ	275
8.1. Потенциальная энергия деформации стержня.....	275
8.2. Теоремы взаимности работ и перемещений.....	280
8.3. Теорема Кастилиано.....	284
8.4. Интеграл Максвелла-Мора.....	287
8.5. Способ Верещагина.....	291
8.6. Определение перемещений и напряжений в витых пружинах.....	302



Глава 9

РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ

СТЕРЖНЕВЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ СИЛ.....	309
9.1. Связи, накладываемые на систему. Степень статической неопределимости.....	309
9.2. Метод сил	314
9.3. Использование свойств симметрии системы	325
9.4. Расчёт неразрезных балок	332
9.5. Определение перемещений в статически неопределимых системах	338



Глава 10

УСТОЙЧИВОСТЬ СЖАТЫХ СТЕРЖНЕЙ.....	341
10.1. Понятие об устойчивости.....	341
10.2. Задача Эйлера.....	343
10.3. Потеря устойчивости стержней при напряжениях, превышающих предел пропорциональности.....	350
10.4. Расчёты на устойчивость.....	352
10.5. Рациональные формы сечений сжатых стержней.....	360
10.6. Энергетический метод определения критической нагрузки.....	361
10.7. Продольно-поперечный изгиб	365



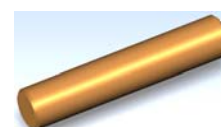
Глава 11

ПРОЧНОСТЬ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ	371
11.1. Основные определения.....	371
11.2. Кривая усталости. Предел выносливости.....	376
11.3. Диаграмма предельных амплитуд	379
11.4. Факторы, влияющие на предел выносливости.....	383
11.5. Модели усталостного разрушения	386



Глава 12

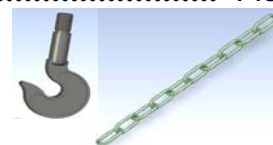
ДИНАМИЧЕСКАЯ НАГРУЗКА	339
12.1. Динамические нагрузки	339
12.2. Расчёт систем, движущихся с ускорением	400
12.3. Удар.....	406
12.4. Колебания упругих систем.....	416



Глава 13

ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ НАГРУЗКАМ	433
13.1. Содержание расчёта по предельным нагрузкам	433
13.2. Расчёты при растяжении и сжатии.....	435
13.3. Расчёты при кручении	438
13.4. Расчёты при изгибе	440

Б. Дополнительные главы	443
--------------------------------------	------------



Глава 14

ПЛОСКИЙ КРИВОЙ СТЕРЖЕНЬ.....	445
14.1. Общие сведения	445
14.2. Эпюры внутренних силовых факторов.....	446
14.3. Нормальные напряжения в поперечных сечениях стержня большой кривизны	448
14.4. Нормальные напряжения в поперечных сечениях кривого стержня с учётом осевых усилий	458



Глава 15

РАСЧЕТ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ОБОЛОЧЕК ПО БЕЗМОМЕНТНОЙ ТЕОРИИ.....	465
15.1. Основные особенности оболочек	465
15.2. Напряжения и деформации.....	467



Глава 16

РАСЧЕТ ТОЛСТОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРОВ.....	475
16.1. Основные уравнения для осесимметричного тела.....	475
16.2. Определение перемещений и напряжений в толстостенном цилиндре.....	479
16.3. Определение напряжений в составных трубах	486
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	493
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	495
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ	504