

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ПРИКЛАДНАЯ МЕХАНИКА.
МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ**

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
по аграрному техническому образованию
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования
по группе специальностей 74 Об Агроинженерия*

Минск
БГАТУ
2018

УДК 539.3/.6(07)
ББК 22.251я7
П75

Составители:

кандидат технических наук, доцент *В. Н. Основин*,
кандидат технических наук, доцент *Е. В. Афанасенко*,
старший преподаватель *О. В. Сокол*,
старший преподаватель *Л. С. Жаркова*,
старший преподаватель *П. В. Клавсуть*

Рецензенты:

кафедра «Сопротивление материалов и теория упругости»
Белорусского национального технического университета
(кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой *С. И. Зиневич*);
кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой
«Механика материалов и конструкций»
УО «Белорусский государственный
технологический университет» *А. В. Спиглазов*

Прикладная механика. Механика материалов : учебно-
П75 методическое пособие / сост. : В. Н. Основин [и др.]. – Минск :
БГАТУ, 2018. – 356 с.
ISBN 978-985-519-919-0.

Представлены основные темы раздела, изложена теория расчетов на прочность – подбор сечений, выбор материалов, определение перемещений. Приведены методы определения внутренних силовых факторов и напряжений при простых и сложных видах нагружения.

Для студентов технических специальностей учреждений высшего образования и учащихся средних специальных учреждений образования технического профиля.

УДК 539.3/.6(07)
ББК 22.251я7

ISBN 978-985-519-919-0

© БГАТУ, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	9
1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ МЕХАНИКИ МАТЕРИАЛОВ	11
1.1. Основные критерии работоспособности элементов конструкций	12
1.2. Деформации и перемещения	14
1.3. Основные допущения, гипотезы и принципы	17
1.4. Реальный объект и расчетная схема (модель)	23
Контрольные вопросы	29
2. ВНЕШНИЕ СИЛЫ И ВНУТРЕННИЕ СИЛОВЫЕ ФАКТОРЫ В МЕХАНИКЕ МАТЕРИАЛОВ	
2.1. Внешние силы и их действие на конструкцию	31
2.2. Метод сечений и внутренние силовые факторы	36
2.3. Понятие о напряжениях в сечении элементов конструкции ...	41
2.4 Эпюры ВСФ	44
Контрольные вопросы	46
3. МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ	
3.1. Статические испытания материалов на растяжение	47
3.2. Машинная диаграмма испытаний, характерные точки и участки на диаграмме	49
3.3. Понятие об особенностях деформирования и разрушения материалов в пластическом и в хрупком состояниях	52
3.4. Основные механические характеристики прочности материалов	54
3.5. Предельные и допускаемые напряжения материалов	56
3.6. Расчеты элементов конструкций на прочность по допускаемым напряжениям и нагрузкам. Коэффициент запаса прочности	59
Контрольные вопросы	62
4. ОСНОВЫ ТЕОРИИ НАПРЯЖЕННОГО И ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЙ	
4.1. Напряженное состояние в точке деформированного тела	
4.1.1. Понятие о напряженном состоянии в точке	64

4.1.2. Закон парности касательных напряжений.....	67
4.1.3. Главные площадки и главные напряжения	68
4.1.4. Линейное напряженное состояние	69
4.1.5. Плоское напряженное состояние.....	71
4.1.6. Объемное напряженное состояние.....	74
4.1.7. Круг напряжений Мора	75
4.2. Деформированное состояние твердого тела	76
4.2.1. Компоненты деформированного состояния, главные оси и главные деформации.....	76
4.2.2. Линейные и угловые деформации твердого тела.....	78
4.2.3. Продольные и поперечные деформации.....	81
4.2.4. Обобщенный закон Гука	86
4.2.5. Объемная деформация при сложном напряженном состоянии	88
4.2.6. Удельная потенциальная энергия деформаций и ее составляющие	89
Контрольные вопросы.....	91
5. ТЕОРИИ ПРОЧНОСТИ	
5.1. Эквивалентное напряженное состояние и эквивалентное напряжение.....	93
5.2. Теория наибольших нормальных напряжений (первая теория прочности).....	95
5.3. Теория наибольших относительных удлинений (вторая теория прочности).....	96
5.4. Теория наибольших касательных напряжений (третья теория прочности).....	97
5.5. Теория удельной потенциальной энергии формоизменения (четвертая теория прочности)	98
5.6. Теория прочности Мора.....	102
Контрольные вопросы	105
6. ЦЕНТРАЛЬНОЕ РАСТЯЖЕНИЕ И СЖАТИЕ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ	106
6.1. Продольная сила и ее зависимость от внешних сил	107
6.2. Напряжения при растяжении и сжатии в поперечных и наклонных сечениях.....	109
6.3. Эпюры продольных сил, нормальных напряжений и перемещений.....	113
6.4. Условия прочности и жесткости при растяжении и сжатии.....	119

6.5. Статически неопределимые задачи растяжения и сжатия.....	121
6.5.1. Определение монтажных напряжений, вызванных технологическими неточностями.....	127
6.5.2. Определение температурных напряжений.....	128
6.5.3. Свойства статически неопределимых систем.....	129
Контрольные вопросы.....	130
7. СДВИГ (СРЕЗ) И СМЯТИЕ	131
7.1. Абсолютный и относительный сдвиги	133
7.2. Внутренние силовые факторы и напряжения при сдвиге. Закон Гука при сдвиге. Модуль сдвига.....	135
7.3. Связь между модулями упругости E и G и коэффициентом Пуассона.....	138
7.4. Расчет элементов конструкций на прочность при сдвиге.....	143
7.5. Расчет заклепочных и болтовых соединений на срез и смятие.....	145
Контрольные вопросы.....	150
8. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ.....	151
8.1. Статические моменты площади сечения	152
8.2. Осевой, центробежный и полярный моменты инерции сечения.....	154
8.3. Изменение моментов инерции при параллельном переносе и повороте осей.....	155
8.4. Главные оси и главные моменты инерции. Радиусы инерции.....	159
8.5. Определение моментов инерции сечений простой формы.....	161
8.6. Определение главных центральных моментов инерции и положения главных центральных осей сложного (составного) сечения.....	165
8.7. Окружность инерции Мора.....	169
8.8. Моменты сопротивления сечений.....	173
Контрольные вопросы.....	174
9. ПЛОСКИЙ ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ	175
9.1. Виды изгибов балки	176
9.2. Внутренние силовые факторы при изгибе.....	179
9.3. Нормальные напряжения в поперечных сечениях балки при изгибе.....	182

9.4. Касательные напряжения при поперечном изгибе (формула Д. И. Журавского).....	187
9.5. Построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил при изгибе	193
9.6. Расчет балок на прочность при изгибе	198
9.7. Условия прочности при изгибе по нормальным и касательным напряжениям	201
9.8. Материалы и рациональные формы поперечного сечения балок при изгибе	204
9.9. Балки переменного сечения. Определение деформаций	206
9.10. Перемещения при изгибе, основные понятия. Дифференциальное уравнение упругой линии балки.....	212
9.11. Способы определения перемещений при изгибе.....	215
9.12. Расчет балок на жесткость при изгибе	224
9.13. Статически неопределимые балки при изгибе	224
Контрольные вопросы	227
10. КРУЧЕНИЕ	228
10.1. Внутренние силовые факторы при кручении	229
10.2. Напряжения в поперечных сечениях прямого круглого вала.....	231
10.3. Определение угла закручивания сечений вала при кручении.....	234
10.4. Потенциальная энергия упругой деформации при кручении.....	235
10.5. Условия прочности и жесткости при кручении. Допускаемые напряжения	237
10.6. Расчет валов по заданной мощности и частоте вращения	241
10.7. Статически неопределимые задачи при кручении	242
Контрольные вопросы	242
11. СЛОЖНОЕ НАГРУЖЕНИЕ	243
11.1. Косой изгиб, основные понятия.....	245
11.1.1. Нормальные напряжения в поперечных сечениях бруса. Нейтральная ось.....	246
11.1.2. Условия прочности при косом изгибе. Определение размеров и перемещений поперечного сечения бруса.....	248
11.2. Внецентренное растяжение и сжатие бруса. Нормальные напряжения в поперечных сечениях бруса	251
11.2.1. Нейтральная ось, ее уравнение и свойства. Условия прочности.....	253

11.2.2. Понятие о ядре сечения при внецентренном растяжении и сжатии.....	256
11.3. Изгиб с кручением вала круглого поперечного сечения.....	257
11.3.1. Определение положения опасного сечения и диаметра вала с использованием третьей и четвертой теорий прочности.....	262
Контрольные вопросы.....	263
12. ПРОДОЛЬНЫЙ ИЗГИБ ПРЯМЫХ СТЕРЖНЕЙ	
12.1. Устойчивость сжатых стержней прямолинейной формы.....	265
12.2. Определение критической силы. Формула Эйлера.....	267
12.3. Влияние способа закрепления концов стержня на величину критической силы.....	273
12.4. Пределы применимости формулы Эйлера.....	276
12.5. Устойчивость сжатых стержней за пределами пропорциональности. Формула Ясинского.....	278
12.6. Расчеты на устойчивость по коэффициенту снижения допускаемых напряжений.....	280
12.7. Выбор материалов и рациональной формы поперечных сечений сжатых стержней.....	283
Контрольные вопросы.....	284
13. ПРОЧНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКИ ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ НАПРЯЖЕНИЯХ	
13.1. Механизм усталостного разрушения деталей машин. Типы циклов напряжений и их параметры.....	286
13.2. Предел выносливости при симметричном цикле. Кривая усталости.....	291
13.3. Основные факторы, влияющие на предел выносливости материалов.....	293
13.4. Схематизация диаграммы усталостной прочности	297
13.5. Условия прочности и коэффициенты запаса прочности при различных циклах напряжений.....	298
13.6. Расчеты на прочность при плоском напряженном состоянии.....	301
13.7. Пути повышения сопротивления усталости конструкции.....	302
Контрольные вопросы.....	303
14. ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЖЕНИЯ.....	305
14.1. Динамические нагрузки, вызывающие движение тела с ускорением.....	306

14.2. Критическая скорость вращения вала	308
14.3. Механические процессы, сопровождающие удар	311
14.4. Техническая теория удара. Динамический коэффициент.....	313
14.5. Анализ формулы динамического коэффициента	316
14.6. Удар при кручении. Определение напряжений при ударном воздействии.....	323
14.7. Условие прочности при ударе	325
14.8. Элементы рационального проектирования систем при ударном нагружении.....	326
Контрольные вопросы	327
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	328
ПРИЛОЖЕНИЯ	329
Приложение А. Справочные данные	330
Приложение Б. Сортамент стандартных профилей	339
Приложение В. Механические характеристики материалов.....	348
Приложение Г. Геометрические характеристики плоских сечений.....	351
Приложение Д. Продольный изгиб прямых стержней	354