

**Г.В. Матохин
К.П. Горбачев**



**ИНЖЕНЕРУ
О СОПРОТИВЛЕНИИ
МАТЕРИАЛОВ
РАЗРУШЕНИЮ**

МАТОХИН Г.В., ГОРБАЧЕВ К.П.

**ИНЖЕНЕРУ
О СОПРОТИВЛЕНИИ МАТЕРИАЛОВ
РАЗРУШЕНИЮ**



Владивосток
Дальнаука
2010

УДК 621.791.05:620.17

Матохин Г.В., Горбачев К.П. *Инженеру о сопротивлении материалов разрушению; монография* / Матохин Г.В., Горбачев К.П. – Владивосток: Дальнаука, 2010. – 281 с.
ISBN 978-5-8044-1077-4

Семнадцать глав книги посвящены общим вопросам проблемы разрушения материала конструкций. Основное внимание обращено на использование силовых критериев механики разрушения. Так как содержание ориентировано на инженеров, проектировщиков, аспирантов и студентов технических вузов, авторы избрали "прозрачный" вариант изложения. На основе частной структурно-механической методики показана возможность расчетного определения силовых критериев линейной механики разрушения и некоторых обобщений полученных результатов. Приведены примеры оценки влияния различных конструкционных и технологических факторов на предел выносливости сталей феррито-перлитного класса. Изложены алгоритмы численных методов линейной механики разрушения.

Не претендуя на абсолютную истину, авторы рекомендуют предлагаемую методику для моделирования процессов разрушения конструкций из феррито-перлитных материалов в учебном процессе вузов. Для инженеров, занимающихся вопросами проектирования, изложенная методика даст возможность многовариантного анализа качества конструкции, не прибегая к дорогостоящим экспериментам, которые в ряде случаев не представляется возможным реализовать.

Книга написана по материалам лекций, читаемых для студентов старших курсов в Дальневосточном государственном техническом университете, оригинальных идей авторов, а также на основе бесед с инженерами в процессе научно-исследовательской деятельности.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ГЛАВА 1	
РОЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЧНОСТИ, ДОЛГОВЕЧНОСТИ И ПРИЧИН ВОЗМОЖНЫХ РАЗРУШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ	
1.1. Введение.....	3
1.2. Определение проектирования.....	10
1.3. Основная проблема.....	10
1.4. Цели проектирования.....	11
ГЛАВА 2	
ВИДЫ МЕХАНИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ	
2.1. Определение вида разрушения.....	12
2.2. Наблюдаемые виды разрушения.....	13
2.3. Краткая характеристика видов механического разрушения.....	14
ГЛАВА 3	
НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В ТОЧКЕ ТЕЛА	
3.1. Внутренние силы.....	21
3.2. Напряжения.....	24
3.3. Обозначения компонентов напряжений.....	26
3.4. Главные площадки. Главные напряжения.....	28
3.5. Интенсивность напряжений.....	28
3.6. Виды напряженного состояния.....	30
ГЛАВА 4	
ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ В ТОЧКЕ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ	
4.1. Обозначения компонентов перемещения.....	31
4.2. Деформации.....	32
4.3. Дифференциальные зависимости компонентов малой деформации от компонентов смещения.....	37
ГЛАВА 5	
ФИЗИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА	
5.1. Закон Гука.....	39
5.2. Обобщенный закон Гука.....	40
5.3. Характеристики прочности. Условные диаграммы деформирования.....	44
5.4. Действительные диаграммы растяжения материалов.....	46
5.5. Особенности расчетов за пределом упругости материалов.....	47
ГЛАВА 6	
ТЕОРИИ ПРОЧНОСТИ	
6.1. Эквивалентные напряжения.....	50
6.2. Теория наибольших нормальных напряжений (первая теория прочности).....	52
6.3. Теория наибольших линейных деформаций (вторая теория прочности).....	52

6.4. Теория наибольших касательных напряжений (третья теория прочности).....	53
6.5. Потенциальная энергия деформации упругого тела.....	54
6.6. Энергетическая теория прочности	57
ГЛАВА 7	
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ ДЕФОРМИРУЕМОГО ТЕЛА	
7.1. Основы метода конечных элементов. Вариационные принципы Механики деформируемого тела.....	59
7.2. Идея метода конечных элементов.....	66
ГЛАВА 8	
ВВЕДЕНИЕ В МЕХАНИКУ РАЗРУШЕНИЯ	
8.1. О возможностях классических методов механики твердого деформируемого тела	79
8.2. Циклическое изменение перемещений и напряжений. Характеристика цикла.....	82
8.3. Условия возникновения усталостных трещин.....	85
8.4. Что такое механика разрушения?.....	86
8.5. Модель тела с трещинами	87
ГЛАВА 9	
КРИТЕРИИ РАЗРУШЕНИЯ	
9.1. Идеи Гриффитса. Энергетический критерий разрушения.....	92
9.2. Силовые критерии разрушения.....	95
9.3. Процесс накопления повреждений и виды разрушений	100
9.4. Условие устойчивости трещины	101
9.5. Неустойчивое и устойчивое развитие трещины.....	103
ГЛАВА 10	
УСТАЛОСТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ	
10.1. Лабораторные усталостные испытания.....	107
10.2. Определение характеристики прочности материала с трещиной - предельного коэффициента интенсивности напряжения K_{Ic}	113
10.3. Расчет элементов конструкций на усталостную долговечность.....	115
ГЛАВА 11	
СТРУКТУРНО – МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН. КРИТЕРИИ ЦИКЛИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ	
11.1. О полуэмпирических и структурных моделях развития трещин.....	116
11.2. Исследование структурной повреждаемости при упруго-пластическом деформировании феррито-перлитных сталей.....	117
11.3. Физико-механические гипотезы разрушения металла в окрестности вершины трещины	118
11.4. Основные зависимости для построения структурно-механической модели	123
11.5. Расчет пороговых характеристик.....	127
11.6. Расчет критических характеристик.....	129

11.7. Определение минимальной (пороговой) и критической длины макротрещины.....	132
11.8. Оценка критической величины раскрытия трещины.....	132
11.9. Расчетная оценка пределов выносливости.....	135
11.10. Основные факторы, влияющие на величину предела выносливости.....	140
ГЛАВА 12	
СТРУКТУРНО – МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗВИТИЯ ТРЕЩИН. РАСЧЕТНАЯ ОЦЕНКА ПРЕДЕЛОВ ВЫНОСЛИВОСТИ ФЕРРИТО-ПЕРЛИТНЫХ СТАЛЕЙ ПРИ НАЛИЧИИ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ И ПОСТОЯННЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ЦИКЛИЧЕСКИХ НАГРУЗОК	
12.1 К оценке влияния концентрации напряжений на предел выносливости. Исходные положения.....	155
12.2. Расчетная оценка пределов выносливости сталей в зоне концентратора напряжений.....	156
12.3. Влияние постоянной нагрузки. Эмпирические зависимости, учитывающие влияние постоянной составляющей нагрузки.....	164
12.4. Построение приближенных зависимостей, учитывающих влияние постоянной составляющей нагрузки на предел усталости металла.....	166
12.5. Влияние постоянной составляющей нагружения конструкции на характеристики сопротивления материала в зоне концентрации напряжений	172
ГЛАВА 13	
УСЛОВИЯ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ	
13.1. Исходные положения.....	173
13.2. Условия усталостной прочности.....	174
13.3. Определение запасов усталостной прочности.....	178
ГЛАВА 14	
МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РОСТА УСТАЛОСТНОЙ ТРЕЩИНЫ	
14.1. Особенности деформирования металлов при циклическом нагружении	179
14.2. Диаграммы циклического деформирования.....	181
14.3. Исходные зависимости теории упругих и упругопластических деформаций	182
14.4. Общий алгоритм оценки ресурса сварных конструкций	191
14.5. Оценка долговечности (ресурса) по формуле Париса.....	197
ГЛАВА 15.	
ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА РЕСУРС СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ	
15.1. Роль остаточных сварочных напряжений в процессе зарождения и развития разрушения.....	199
15.2. Теоретическая и экспериментальная оценка сопротивляемости усталостным нагрузкам при двухчастотном нагружении.....	209
15.3. Изменение механических характеристик феррито-перлитных сталей в зависимости от срока службы и температуры эксплуатации.....	214
15.4. Влияние коррозионной среды на несущую способность сварных элементов конструкций в условиях циклической нагрузки.....	216

ГЛАВА 16. СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СВАРНЫХ КРУПНОГАБАРИТНЫХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ	
16.1. Общие положения подхода к диагностике и проектированию систем диагностирования металлоконструкций.....	220
16.2. Техника и технология неразрушающей диагностики состояния металла элементов сварных конструкций.....	226
16.3. Основы методологии оценки остаточной долговечности при неразру- шающей диагностике.....	230
ГЛАВА 17	
ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ НАЛИЧИИ ТРЕЩИН	
17.1. Использование механики разрушения при проектировании.....	233
17.2. Еще раз об алгоритме оценки хрупкой прочности конструкций	245
17.3. Определение коэффициентов интенсивности напряжений методом конечных элементов.....	247
17.4. Численная реализация структурно-механической модели.....	255
17.5. Влияние толщины на критические параметры	263
17.6. Критерий разрушения при нагружении смешанного типа.....	267
17.7. Обобщенный критерий разрушения сколом.....	267
Заключение.....	271
Литература.....	275