

**Расчеты на Усталость и Разрушение
Материалов и Конструкций
без Трещин в Машиностроении**

Яньгуй Юй

虞岩贵 著

Вэньчжоуский университет. Китай

温州大学



ТЕХНОСФЕРА

Москва

2021

УДК 620.178.3 + 531/534
ББК 30 + 30.3
Я60



Я60 Яньгуй Юй

Расчеты на Усталость и Разрушение Материалов и Конструкций без Трещин в Машиностроении. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. – 224 с.

Данная монография посвящена механике разрушения, в ней даны расчеты на прочность материалов с трещинами и прогнозы срока службы элементов инженерного оборудования и конструкций. Это вторая книга, посвященная использованию в современной механике предложенного автором «генного принципа» и математических методов. Первая книга носит название «Расчеты на Прочность и Прогноз на Срок Службы о Повреждении Механических Деталей и Материалов». Обе работы связаны между собой, и результаты полученных в них расчетов совпадают для одной и той же задачи при одинаковых условиях. Читатели могут проследить их согласованность друг с другом.

Автор установил связь между тремя дисциплинами: современной механикой, материаловедением и механикой материалов, и обнаружил в них закономерности, подобные принципам, используемым в генетике. Это позволило применить к механике разрушения вычислительные приемы, а также использовать некоторые параметры и общие материальные константы.

В конце каждой главы и каждого раздела приводятся примеры расчетов для конкретных ситуаций. В заключении монографии представлены всесторонние кривые поведения материала и таблицы, данные которых потребуются для применения формул расчета, приведенных в книге. Таким образом, после ее прочтения читатели могут сформировать общую концепцию и получить всестороннее знание в сфере механики разрушения. Поэтому данное издание можно предложить в качестве дорожной карты для специалистов по проектам безопасности и анализа аварий для инженерных сооружений, оно также будет полезно для работников таких отраслей, как авиация, транспорт, нефтехимия и др.

Монография адресована исследователям, преподавателям, студентам и техническим специалистам, которые работают в области усталостных повреждений и механики разрушения материалов и конструкций.

УДК 620.178.3 + 531/534
ББК 30 + 30.3

© Яньгуй Юй, 2021

© АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА» оформление, 2021

Издано в авторской редакции

**Calculations on Fatigue & Fracture
of uncrack Materials & Structures
in Mechanical Engineering**

**Yangui YU
Wenzhou University**



工程中无裂纹材料和结构的疲劳断裂计算

虞岩贵 著

温州大学

中 国

УДК 620.178.3 + 531/534

ББК 30 + 30.3

Я60



Я60 Yangui Yu

Calculations on Fatigue and Fracture of uncrack Materials and Structures in Mechanical Engineering. – Moscow: TECHNOSPHERA, 2021. – p. 224.

This monograph is devoted to fracture mechanics, calculating the strength of materials with cracks and predicting the lifetime of elements for engineering equipment and structures. This is the second book devoted to the use of the proposed by the author the "genetic principle" and mathematical methods in modern mechanics. The first book is entitled "Calculations to Strength and Lifetime Prediction on damage of Mechanical parts and Materials". Both works are related and the results got in them coincide for the same problem under the same conditions. Readers can trace their consistency with each other.

The author has established relation among the three disciplines of modern mechanics, materials science and mechanics of materials, and has discovered patterns in them similar to the principles used in genetics. This made it possible to apply computational techniques to fracture mechanics and to use some parameters and general material constants.

At the end of each chapter and each section there are examples of calculations for specific situations. The monograph concludes with comprehensive material behaviour curves and tables whose data will be required to apply the calculation formulas given in the book. Thus, after reading it, readers can form a general concept and gain a comprehensive knowledge of fracture mechanics. Therefore, this publication can be offered as a roadmap for safety design and accident analysis specialists for engineering structures. It will also be useful for workers in industries such as aviation, transport, petrochemical, etc.

The monograph is addressed to researchers, teachers, students and technicians who work in the field of fatigue damage and fracture mechanics of materials and structures.

УДК 620.178.3 + 531/534

ББК 30 + 30.3

© Yangui Yu, 2021

© TECHNOSPHERA JSC, design, 2021

Edited by the author

Краткое введение

Данное издание — это академическая монография по механике разрушения, в которой приведены расчеты на прочность материалов с трещинами и прогнозы срока службы инженерного оборудования и конструкций.

Расчеты по механике усталости и механике разрушения конструкций обычно зависят от экспериментов. Но автор установил связь между современной механикой, материаловедением и механикой материалов, и обнаружил в них закономерности, которые назвал «генетическими принципами». Это позволило применить к механике разрушения вычислительные методы, а также использовать некоторые параметры и общие материальные константы. Эта книга основана на новых открытиях, упомянутых выше, и знаниях и опыте, накопленных автором, который давно занимается инженерным проектированием и научными исследованиями, предлагает комплексные формулы расчета. К ним относятся пороговые размеры трещин, переходные между двумя стадиями, движущие силы и критерии прочности трещин, темпы роста и прогнозы долговечности трещин в материалах и конструкциях; в книге также предложено множество новых методов вычислений, соответствующих таблиц и данных, которые можно применить к трещинам разного размера на любой стадии и в процессе в целом, находящимся под монотонной нагрузкой, при малоцикловой усталости, при многоцикловой и очень высокой циклической усталости. Автор также предоставляет массу кривых, соответствующих этим уравнениям на каждой стадии и в целом процессе, и приводит четкое физическое и геометрическое значение этих параметров, критических точек и кривых. В конце каждой главы и каждого раздела приводятся примеры расчетов для конкретных ситуаций. В заключении монографии представлены всесторонние кривые поведения материала и некоторые таблицы, данные которых потребуются для применения формул расчета, приведенных в книге. Таким образом, после ее прочтения читатели могут сфор-

мировать общую концепцию и получить всесторонние знания в сфере механики разрушения. Поэтому данное издание можно предложить в качестве дорожной карты для специалистов по проектам безопасности и анализа аварий для инженерных сооружений, оно также будет полезно для работников таких отраслей, как авиация, транспорт, нефтехимия и др. Монография адресована исследователям, преподавателям, студентам и техническим специалистам, которые работают и изучают области усталостных повреждений и механики разрушения материалов и конструкций.

Ключевые слова

Генные принципы в науках о жизни

Критерий разрушения

Скорость роста трещин

Расчеты прогноза срока службы

Одноосная усталость

Многоосная усталость

Малоцикловая усталость (высокоцикловая усталость)

Очень высокая циклическая усталость

Всесторонняя кривая поведения материалов

Содержание

Краткое введение	5
Ключевые слова	6
Содержание.	7
I. Введение	11
II. Особенности монографии	13
III. Некоторые точки зрения на «генетические принципы» в инженерных областях [1—6]	14
IV. Заявления и надежды автора.	16
Использованная литература	16
1.0. Расчеты для материалов, не содержащих трещины	18
1.0.1. Расчет на прочность материала с трещиной, возникающей при одноосной усталости.	21
1.0.1.1. Расчеты размера и критического размера трещины	23
1.0.1.1-Е. Пример расчета.	31
1.0.1.2. Расчеты прочности материалов при одноосной усталости	32
1.0.1.2-Е. Пример расчета.	40
1.0.1.3. Расчеты на прочность деталей машин при одноосной усталости	43
1.1.1. Расчет скорости роста трещины в общем процессе	44
1.1.2. Расчеты скорости роста трещины при малоцикловой усталости.	45
1.1.2-Е. Пример расчета скорости роста трещины при малоцикловой усталости.	51
1.1.3. Расчет скорости роста трещины при многоцикловой усталости	62
1.1.3-Е. Пример расчета скорости роста трещины при многоцикловой усталости.	65
1.1.4. Расчет скорости роста трещины и роста при очень высокой циклической усталости	73
1.1.4-Е. Пример расчета и роста скорости роста трещины при очень высокой циклической усталости	76

1.1.5. Расчет для материала с трещиной смешанного режима при многоосной усталости	84
1.1.5.1. Расчеты прочности материала с трещиной смешанного режима	85
1.1.5.1-Е. Пример расчета прочности материала с трещиной смешанного режима	93
1.1.5.2. Расчет скорости роста трещины смешанного режима	95
1.1.5.2-Е. Пример расчета скорости роста трещины смешанного режима	112
1.2. Прогнозные расчеты срока службы материала с трещиной	117
1.2.1. Прогнозный расчет срока службы материала с трещиной при малоциклового усталости	117
1.2.1-Е. Пример расчета при малоциклового усталости	123
1.2.2. Прогнозный расчет срока службы материала с трещиной при многоциклового усталости	128
1.2.2-Е. Пример расчета при многоциклового усталости	131
1.2.3. Прогнозный расчет срока службы материала с трещиной при очень высокой циклической усталости	134
1.2.3-Е. Пример расчета при очень высокой циклической усталости	136
1.2.4. Расчет скорости роста трещины и прогноз срока службы для многоклассового нагружения по одной формуле при многоциклового и малоциклового усталости	142
1.2.4.1. Расчет скорости роста трещины при многоклассовом нагружении по одной формуле при многоциклового и малоциклового усталости	142
1.2.4-1Е. Пример расчета	144
1.2.4.2. Расчеты прогнозируемого срока службы при многоклассовых нагрузках с использованием идентичной формулы для многоциклового и малоциклового усталости	149

1.2.4-2Е. Пример расчета	150
1.2.5. Расчет срока службы материала с трещиной при многоосной усталости	155
1.2.5.1. Расчет срока службы материала с трещиной в смешанном режиме	155
1.2.5.2. Пример расчета срока службы материала с трещиной в смешанном режиме	171
1.3. Связанные расчеты скорости роста трещины и прогноза срока службы в общем процессе	174
1.3.1. Связанные расчеты скорости роста трещины и прогноза срока службы при малоцикловой усталости	175
1.3.1.1. Связанные расчеты скорости роста трещины при малоцикловой усталости	176
1.3.1.2. Связанные расчеты прогноза срока службы при малоцикловой усталости	177
1.3.2. Связанные расчеты скорости роста трещины и прогноза срока службы при многоцикловой усталости	178
1.3.2.1. Связанные расчеты скорости роста трещины при многоцикловой усталости	179
1.3.2.1-Е. Пример расчета связи скорости роста трещины при многоцикловой усталости	182
1.3.2-2. Связанные расчеты прогноза срока службы при многоцикловой усталости	185
1.3.2.2-Е. Пример расчета в связанном уравнении прогнозирования срока службы при многоцикловой усталости	187
1.3.3. Связанные расчеты скорости роста трещины и прогноза срока службы при очень высокой циклической усталости	190
1.3.3.1. Связанные расчеты скорости роста трещины при очень высокой циклической усталости	191

1.3.3.2. Связанные расчеты прогнозирования срока службы при очень высокой циклической усталости	191
1.3.4. Связанные расчеты скорости роста трещины и прогноза срока службы при многоосной усталости.	192
1.3.4.1. Связанные расчеты скорости роста трещины при многоосной усталости.	193
1.3.4.2. Связанные расчеты прогноза срока службы при многоосной усталости	193
Использованная литература	194
2.0. Сводки.	197
2.1. Всесторонняя кривая поведения материалов.	197
2.1.1. Пояснения к геометрическим и физическим значениям для всесторонней системы координат . . .	198
2.1.2. Пояснения к физическим и геометрическим значениям соответствующих кривых	201
2.2. Обобщенные в таблицах концепции взаимосвязей между параметрами, формулами и кривыми во всей книге	204
2.2.1. Вычисления в общем процессе	205
2.2.1.1. Расчеты по задачам прочности при одноосной усталости	205
2.2.1.2. Расчеты скорости роста трещины и прогноз срока службы в общем процессе при одноосной усталости.	207
2.2.1.3. Расчеты для задачи прочности в общем процессе при многоосной усталости.	210
2.2.1.4. Расчеты скорости роста трещины и срока службы в общем процессе при многоосной усталости	212
Использованная литература	219
Номенклатура	221