

Расчеты на Прочность и Прогноз на Срок Службы о Повреждении Механических Деталей и Материалов

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 Прочность и Прогноз на Срок Службы о Повреждении
Механических Деталей и Материалов. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2021. –
230 с.**

Эта книга представляет собой академическую монографию, посвященную использованию «генного принципа» и математических методов в современной механике. Вскоре будет также опубликована книга под другим названием — «Расчеты на Усталость и Разрушение Материалов и Конструкций без Трещин в Машиностроении». Обе работы связаны между собой, и результаты опубликованных в них расчетов совпадают для одной и той же задачи при одинаковых условиях. Читатели смогут легко сравнить их согласованность друг с другом.

Автор устанавливает связь между усталостью, повреждением и разрушением в современной механике, традиционной механике материалов и материаловедении. В книге предлагается множество формул: пороговое значение повреждения, переходное значение между двумя этапами, движущая сила усталостного повреждения, скорость роста и прогноз срока службы повреждений, а также дается четкое определение физического и геометрического смысла некоторых основных параметров. В конце книги дан всесторонний обзор поведения материалов и некоторые резюмирующие таблицы. Таким образом, читатели могут получить полное представление о предлагаемой автором концепции и пополнить свои знания в исследуемой области.

Монография адресована исследователям, преподавателям, студентам и техническим специалистам, которые работают в области усталостных повреждений и 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 to Strength & Lifetime Prediction on Damage of Mechanical Parts & Materials

Yangui YU
Wenzhou University



机械零件与材料损伤强度
和寿命预测计算

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 to Strength and Lifetime Prediction on damage of Mechanical parts and Materials. – Moscow: TECHNOSPHERA, 2021. – p. 230.

This book is an academician monograph dedicated to the use of the “genetic principles” and mathematical methods in modern mechanics. Soon it will be published the book called “Calculations on Fatigue and Fracture of uncrack Materials and Structures in Mechanical Engineering”. Both these books are related to each other, and the results of the calculations published in them coincide for the same task under the identical conditions. Readers will be able to easily compare their conformity with one another.

The author establishes the relationship between fatigue, damage and fracture in modern mechanics, traditional mechanics of materials and materials science. This monograph contains a number of formulas, such as threshold damage value, the transitional value between two stages, the fatigue damage driving factor, the growth rate and predicting of the lifetime made by the damage service, and also gives an accurate definition of physical and geometric meaning of some basic parameters. At the end of the book, there is a comprehensive summary of the material behavior and some summarizing tables. Therefore, readers can obtain the comprehensive view of the concept proposed by the author and complement their knowledge in the investigated field.

The monograph is addressed to researchers, lectures, students and technical specialists working in the field of fatigue damage and destruction of the materials and constructions.

УДК 620.178.3 + 531/534

ББК 30 + 30.3

© Yangui Yu, 2021

© TECHNOSPHERA JSC, design, 2021

Edited by the author

Краткое введение

Эта книга представляет собой академическую монографию, посвященную использованию «генного принципа» и математических методов в современной механике. Вскоре будет также опубликована книга под другим названием — «Расчеты на Усталость и Разрушение Материалов и Конструкций без Трещин в Машиностроении». Обе работы связаны между собой, и результаты опубликованных в них расчетов совпадают для одной и той же задачи при одинаковых условиях. Читатели смогут легко сравнить их согласованность друг с другом.

В настоящей работе автор устанавливает связь между усталостью, повреждением и разрушением в современной механике, традиционной механике материалов и материаловедении. Таким образом, задача автора — представить всесторонний обзор поведения материалов и рассмотреть множество математических моделей, описывающих разные ситуации, чтобы сделать механику повреждений более применимой на практике, т.к. она использует только некоторые общие параметры и константы материалов.

В этой книге предлагается множество формул: пороговое значение повреждения, переходное значение между двумя этапами, движущая сила усталостного повреждения, скорость роста и прогноз срока службы повреждений, а также дается четкое определение физического и геометрического смысла некоторых основных параметров. Здесь представлены изображения кривых, соответствующих тем уравнениям, которые относятся к стадии микроскопических, мезоскопических и макроскопических повреждений, а также к процессу в целом, в том числе соответственно к малоцикловой, многоцикловой, очень высокой циклической и многоосевой усталости. В конце каждой главы и каждого раздела приводятся примеры расчетов для инженерных приложений и представлены соответствующие вычислительные методы, таблицы и данные. В конце книги дан всесторонний обзор поведения материалов и некоторые резюмирующие таблицы. Таким образом, читатели могут получить полное представление о предлагаемой автором концепции и пополнить свои знания в исследуемой области. Т. е. книга поможет составить расчетный маршрут для проек-

тирования безопасности и анализа аварий на инженерных сооружениях, который будет иметь практическое значение для нефтехимической, авиационной, транспортной и других машиностроительных отраслей.

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

Ключевые слова

Генетический принцип

Расчет повреждения

Расчет интенсивности повреждения

Скорость роста повреждения

Прогноз срока службы

Одноосная усталость

Многоосная усталость

Малоцикловая усталость (высокоцикловая усталость)

Очень высокая циклическая усталость

Связанный расчет

Содержание

I. Предисловие	11
II. Особенности монографии	13
III. О некоторых точках зрения на «генетические принципы», существующие в области механики и инженерии	14
IV. Заявления и надежды автора	16
V. Перевод ключевых русско-английских терминов	17
Использованная литература	18
1.0. Расчет повреждений в бездефектных материалах в общем процессе	19
1.0.1. Расчеты прочности, вызванные повреждениями в условиях одноосной усталости	22
1.0.1.1. Расчеты величины ущерба и некоторых критических значений	24
1.0.1.1-Е. Пример расчета	32
1.0.1.2. Расчеты прочности материалов при усталостном нагружении	35
1.0.1.2-Е. Пример расчета	40
1.0.1.3. Расчеты на прочность деталей машин при усталостном нагружении	44
1.1.1. Расчет скорости распространения повреждений в общем процессе	45
1.1.2. Расчеты скорости повреждений при малоцикловой усталости	45
1.1.2-Е. Пример расчета при малоцикловой усталости	53
1.1.3. Расчет скорости повреждения при многоцикловой усталости	64
1.1.3-Е. Пример расчета при многоцикловой усталости	68
1.1.4. Расчет скорости повреждения при очень высокой циклической усталости	76
1.1.4-Е. Пример расчета при очень высокой циклической усталости	79
1.1.5. Расчеты повреждений смешанного типа в условиях многоосной усталости	87

1.1.5.1. Расчеты на прочность при повреждении смешанного типа	88
1.1.5.1-Е. Пример расчета в условиях многоосной усталости	96
1.1.5.2. Расчет скорости повреждения при смешанном режиме повреждения	98
1.1.5.2-Е. Пример расчета скорости повреждения	117
1.2. Прогнозные расчеты срока службы при повреждении в общем процессе	121
1.2.1. Прогнозные расчеты срока службы при повреждении в общем процессе при малоцикловой усталости	121
1.2.1-Е. Пример расчета при малоцикловой усталости	127
1.2.2. Расчет срока службы при многоцикловой усталости .	132
1.2.2-Е. Пример расчета при многоцикловой усталости	135
1.2.3. Расчет срока службы при очень высокой циклической усталости	138
1.2.3-Е. Пример расчета при очень высокой циклической усталости	140
1.2.4. Расчет скорости повреждения и прогноз срока службы для многоклассового нагружения по одной формуле при многоцикловой и малоцикловой усталости.	146
1.2.4.1. Расчет скорости повреждения для многоклассового нагружения по одной формуле при многоцикловой и малоцикловой усталости	146
1.2.4-1Е. Пример расчета для многоклассового нагружения по одной формуле при многоцикловой и малоцикловой усталости	148
1.2.4.2. Расчет прогнозируемого срока службы для многоклассового нагружения с использованием идентичной формулы при многоцикловой и малоцикловой усталости . .	153

1.2.4-2Е. Пример расчета	154
1.2.5. Расчет срока службы при повреждениях в условиях многоосной усталости	159
1.2.5.1. Расчет срока службы при повреждениях в смешанном режиме	160
1.2.5.2. Пример расчета срока службы при повреждениях в смешанном режиме.	175
1.3. Связанные расчеты скорости повреждения и прогноза срока службы в общем процессе.	178
1.3.1. Связанные расчеты скорости повреждения и прогноза срока службы при малоцикловой усталости.	179
1.3.1.1. Связанные расчеты скорости повреждения при малоцикловой усталости	180
1.3.1.2. Связанные расчеты прогноза срока службы при малоцикловой усталости	181
1.3.2. Связанные расчеты скорости повреждения и прогноза срока службы при многоцикловой усталости.	182
1.3.2.1. Связанные расчеты скорости повреждения при многоцикловой усталости	183
1.3.2.1-Е. Пример расчета скорости повреждения при многоцикловой усталости	187
1.3.2-2. Связанные расчеты прогноза срока службы при многоцикловой усталости	190
1.3.2.2-Е. Пример расчета в связанном уравнении для прогнозирования срока службы при многоцикловой усталости	192
1.3.3. Связанные расчеты скорости повреждения и прогноза срока службы при очень высокой циклической усталости	195
1.3.3.1. Связанные расчеты скорости повреждения при очень высокой циклической усталости.	196
1.3.3.2. Связанные расчеты прогнозирования срока службы при очень высокой циклической усталости	196

1.3.4. Связанные расчеты скорости повреждения и прогноза срока службы при многоосной усталости . .	197
1.3.4.1. Связанные расчеты скорости повреждения при многоосной усталости	197
1.3.4.2. Связанные расчеты прогноза срока службы при многоосной усталости	198
Использованная литература	199
2.0. Сводки	202
2.1. Всестороннее представление поведения материалов	202
2.1.1. Пояснения к геометрическим и физическим значениям для всесторонней системы координат . . .	203
2.1.2. Пояснения к физическим и геометрическим значениям соответствующих кривых	206
2.2. Обобщенные в таблицах концепции взаимосвязей между параметрами, формулами и кривыми во всей книге	209
2.2.1. Непрерывные вычисления в общем процессе	210
2.2.1.1. Непрерывные расчеты по задачам прочности при одноосной усталости	210
2.2.1.2. Непрерывные расчеты скорости повреждения и прогнозы срока службы в общем процессе при одноосной усталости	212
2.2.1.3. Непрерывные расчеты для задачи прочности в общем процессе при многоосной усталости.	215
2.2.1.4. Непрерывные расчеты скорости повреждения и срока службы в общем процессе при многоосной усталости	217
Использованная литература	224
Номенклатура	226