

В.А. Левин  
Е.М. Морозов  
Ю.Г. Матвиенко

**ИЗБРАННЫЕ  
НЕЛИНЕЙНЫЕ ЗАДАЧИ  
МЕХАНИКИ  
РАЗРУШЕНИЯ**



В.А. Левин  
Е.М. Морозов  
Ю.Г. Матвиенко

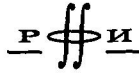
**ИЗБРАННЫЕ  
НЕЛИНЕЙНЫЕ ЗАДАЧИ  
МЕХАНИКИ  
РАЗРУШЕНИЯ**

Под редакцией В.А. Левина



МОСКВА  
ФИЗМАТЛИТ  
2004

УДК 531  
ББК 22.251  
Л36



*Издание осуществлено при поддержке  
Российского фонда фундаментальных  
исследований по проекту 03-01-14028д*

Левин В. А., Морозов Е. М., Матвиенко Ю. Г. **Избранные нелинейные задачи механики разрушения.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. — 408 с. — ISBN 5-9221-0514-0.

Охвачен широкий круг вопросов механики разрушения, начиная с микромеханизмов деформации и разрушения кристаллической решетки, инженерных подходов к задачам механики разрушения и заканчивая математическим анализом образования, слияния и развития дефектов материала. Рассмотрены физика и механика микроразрушения, включая образование и рост микротрещин разных видов. Даны основные положения и методы линейной и нелинейной механики разрушения вместе с соответствующими критериями разрушения. Уделено внимание избранным специальным проблемам механики разрушения, включая механизмы деформирования и разрушения полимеров. Подробно представлены математические методы решения плоских задач теории упругости при конечных деформациях в условиях физической и геометрической нелинейности. Даны многочисленные примеры расчета перераспределения полей напряжений и деформаций при разных вариантах поэтапного многоступенчатого нагружения многосвязных областей.

Для научных работников, инженеров, преподавателей, аспирантов и студентов старших курсов, занимающихся проблемами механики сплошной среды, механики разрушения и расчетов элементов конструкций, ослабленных трещинами или иными концентраторами напряжений.

ISBN 5-9221-0514-0

© ФИЗМАТЛИТ, 2004  
© В. А. Левин, Е. М. Морозов,  
Ю. Г. Матвиенко, 2004

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|   |            |
|---|------------|
| Предисловие . . . . .   | 6          |
| Введение . . . . .  | 8          |
| <b>Глава 1. Физические основы микроразрушений твердых тел</b> . . . . .   | <b>17</b>  |
| 1.1. Теоретическая прочность твердых тел на отрыв и сдвиг . . . . .   | 17         |
| 1.2. Виды дефектов в кристаллической решетке . . . . .  | 23         |
| 1.3. Механизмы и критерий образования дислокационных микро-<br>трещин . . . . .   | 31         |
| 1.4. Микромеханика и критерии роста усталостных трещин . . . . .  | 35         |
| 1.5. Эволюция повреждений и рост трещин . . . . .   | 58         |
| 1.6. Механизмы деформирования и разрушения эластомеров . . . . .  | 67         |
| <b>Глава 2. Механика разрушения тел с трещинами</b> . . . . .   | <b>73</b>  |
| 2.1. Критерии разрушения и соответствующие этапы деформиро-<br>вания . . . . .  | 73         |
| 2.2. Сводка некоторых критериев прочности . . . . .   | 77         |
| 2.3. Напряженно-деформированное состояние у вершины трещи-<br>ны и критерии применимости линейной механики разрушения . . . . . | 84         |
| 2.4. Пластическое течение у вершины трещины и критерии нели-<br>нейной механики разрушения . . . . .                            | 124        |
| 2.5. Экспериментальное определение характеристик трещино-<br>стойкости . . . . .  | 148        |
| 2.6. Кинетическая диаграмма усталостного разрушения . . . . .   | 168        |
| 2.7. Расчет допустимых размеров трещины в корпусе ВВЭР . . . . .  | 174        |
| <b>Глава 3. Специальные вопросы механики разрушения</b> . . . . .   | <b>181</b> |
| 3.1. Траектории трещин как геодезические линии . . . . .  | 181        |
| 3.2. Вариационный принцип как критерий разрушения . . . . .   | 190        |
| 3.3. О расчете диаграмм разрушения . . . . .  | 194        |

|   |            |
|---|------------|
| 3.4. Применение вариационного принципа к решению задач теории трещин в упруго-вязких средах . . . . .   | 200        |
| 3.5. Приближенный метод расчета энергетического интеграла для тел с вырезами и трещинами . . . . .  | 207        |
| 3.6. Критерий осреднения . . . . .  | 212        |
| 3.7. Сопоставление надрезов при расчете локальной прочности . . . . .   | 218        |
| 3.8. Оценка конструкционной прочности по критериям трещиностойкости . . . . .   | 223        |
| 3.9. Определение коэффициента интенсивности напряжений для сквозных трещин в цилиндрических оболочках с помощью весовых функций, полученных методом голографической интерферометрии . . . . . | 226        |
| 3.10. Метод разгрузки в экспериментальной механике разрушения . . . . .   | 234        |
| 3.11. Об устойчивости тонколистового образца с трещиной при растяжении . . . . .  | 244        |
| 3.12. Рост трещины при нестабильном хрупком разрушении . . . . .  | 247        |
| <b>Глава 4. Разрушение при конечных деформациях и их наложении . . . . .</b>  | <b>253</b> |
| 4.1. Проблемы и подходы . . . . .   | 253        |
| 4.2. Постановка задач прочности в рамках механики деформируемого твердого тела . . . . .  | 256        |
| 4.3. Основные понятия и определения нелинейной теории упругости и элементы нелинейной теории вязкоупругости . . . . .   | 277        |
| 4.4. Основные соотношения теории многократного наложения больших деформаций (для упругих и вязкоупругих тел) . . . . .  | 294        |
| 4.5. О «физическом разрезе», привнесенном в предварительно нагруженное упругое тело . . . . .   | 322        |
| 4.6. О варианте задачи прочности для эластомеров . . . . .  | 325        |
| 4.7. Подход к решению задачи о возникновении в упругом теле включения . . . . .   | 330        |
| 4.8. Образование (возникновение) упругого кругового включения в теле с конечными деформациями . . . . .   | 333        |
| <b>Глава 5. Вязкий рост трещин при конечных деформациях и их наложении . . . . .</b>  | <b>335</b> |
| 5.1. Общий подход к задаче о вязком росте трещин в предварительно нагруженном теле (при конечных деформациях) . . . . .   | 335        |
| 5.2. Модельные задачи . . . . .   | 345        |

---

|   |     |
|---|-----|
| 5.3. Трещиноватость у носика привносимого в тело концентратора напряжений . . . . .               | 367 |
| 5.4. Вязкий рост трещин при давлении, прикладываемом к их берегам в процессе нагружения . . . . . | 370 |
| 5.5. Развитие трещины в вязкоупругом теле, имеющем конечные деформации . . . . .                  | 373 |
| 5.6. Нелокальный критерий разрушения. Конечные деформации   | 381 |
| Список литературы . . . . .   | 385 |