

В.А. ГОРОХОВ

**КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ
ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ
ПРИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

В.А. Горохов

**КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ
ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ
ПРИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ
ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

Монография

Нижний Новгород
Издательство Нижегородского госуниверситета
2018

УДК 539.3
ББК 22.251
Г70

Г70 **Горохов, В.А. Конечно-элементное моделирование деформирования и разрушения элементов конструкций при физико-механических воздействиях: монография / В.А. Горохов.** – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета им. Н.И. Лобачевского, 2018. – 139 с.

ISBN 978-5-91326-487-9

В рамках подходов механики поврежденной среды выполнено развитие моделей механического поведения материалов и численных алгоритмов исследования процессов деформирования и разрушения конструкций в условиях квазистатических термосиловых, терморadiационных, мало- и многоцикловых нагружений. Представлена оценка работоспособности, практической применимости и эффективности разработанных моделей пластичности, деформирования облучаемых материалов, накопления усталостных повреждений, алгоритмов прогнозирования, методик и программных средств конечно-элементного анализа кинетики напряженно-деформированного состояния и разрушения конструкций. Решен ряд демонстрационных и прикладных задач исследования процессов деформирования и разрушения конструкций.

Для инженеров, научных работников, аспирантов и студентов, специализирующихся на численном решении квазистатических и циклических задач прочности элементов конструкций.

ISBN 978-5-91326-487-9

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта
Правительства Российской Федерации (Договор №14.Y26.31.0031)*

УДК 539.3
ББК 22.251

© Горохов В.А., 2018
© Нижегородский госуниверситет им. Н.И. Лобачевского,
2018

Содержание

Введение	5
Глава 1. Математические модели деформирования и накопления повреждений в материалах при различных режимах квазистатических и циклических нагружений	8
1.1. Модель поврежденного материала	8
1.2. Определяющие соотношения моделей накопления повреждений	12
1.3. Модель пластического деформирования при малоцикловых нагружениях	19
1.4. Модель многоциклового усталости конструкционных материалов	22
1.5. Модель упруговязкопластического деформирования нержавеющей сталей, учитывающая зависимость механических свойств материала от температуры и повреждающей дозы облучения	28
1.6. Модель ползучести жаропрочных сплавов	32
Глава 2. Методика численного решения задач оценки прочности конструкций	37
2.1. Методика решения задач деформирования и разрушения элементов конструкций при квазистатических физико-механических воздействиях	37
2.2. Алгоритм прогнозирования образования и развития повреждений в материале конструкций на основе численного моделирования малоциклового усталости в рамках соотношений механики поврежденной среды	50
2.3. Алгоритм многоступенчатого прогнозирования процесса накопления повреждений в материале конструкций на основе численного моделирования многоциклового усталости в рамках соотношений механики поврежденной среды	54
2.4. Методика моделирования процесса развития трещины в конструкции	56
Глава 3. Верификация математических моделей, численных алгоритмов и программных средств решения задач деформирования и разрушения конструкций	61
3.1. Исследование кинетики НДС призматического стержня из стали X16H11M3 при терморadiационном нагружении	61

3.2. Оценка работоспособности и вычислительной эффективности линейного алгоритма прогнозирования накопления повреждений при малоцикловом нагружении	69
3.3. Численное моделирование многоциклового разрушения экспериментального образца из жаропрочного сплава ВЖ-159.....	72
3.4. Моделирование развития трещины в образце с концентратором в условиях высокотемпературной ползучести	75
3.5. Оценка работоспособности модели пластичности при исследовании процессов деформирования в различных режимах малоцикловых нагружений	83
3.6. Моделирование ползучести жаропрочного сплава в условиях высокотемпературного нагружения и нейтронного облучения	98
Глава 4. Численное моделирование деформирования и разрушения элементов конструкций	100
4.1. Численное исследование развития трещины в экспериментальном образце с концентратором в условиях плоского изгиба.....	100
4.2. Моделирование малоциклового деформирования и разрушения цилиндрического образца с кольцевой выточкой, выполненного из нержавеющей стали 12X18H10T.....	108
4.3. Численное моделирование многоциклового усталости фрагмента сильфона	113
4.4. Моделирование ползучести элементов конструкций из жаропрочных сплавов при терморadiационном нагружении	119
4.5. Расчет НДС обечайки отражателя реактора БН-800.....	123
4.6. Сравнительный анализ радиационно-термического формоизменения несущих обечайек отражателей реакторов БН-600 и БН-800	129
Заключение.....	134
Литература	136