

**А. А. Любомудров**

# **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА**



**А. А. Любомудров**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ  
ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА**



Москва  
ФИЗМАТЛИТ  
2017

ББК 22.38

Л 934

УДК 623.4 (075) : 532.5 : 539.3 : 539.5

**ЛЮБОМУДРОВ А. А. Теоретические основы физических процессов ядерного взрыва** — М.: Физматлит, 2017. — 320 с. ISBN 978-5-94052-250-8.

Излагаются теоретические основы процессов, протекающих при ядерном взрыве. Рассматриваются начальные процессы ядерного взрыва, ударная волна, волны сжатия в грунте и приводятся методы расчета механических нагрузок на объекты поражения. Дается характеристика теплового излучения ядерных взрывов на различных высотах и приводятся методы расчета теплового и термомеханического действия взрыва. Рассматривается нейтронное и гамма-излучение ядерного взрыва, вызываемые ими повреждения материалов и ионизационные эффекты. Приводятся данные по радиационной стойкости интегральных микросхем иностранного производства. Описываются механизмы генерирования электромагнитных импульсов ядерных взрывов, произведенных в приземных слоях атмосферы и на больших высотах. Рассчитываются токи и потенциалы, наведенные электромагнитным импульсом в типовых электрических цепях. Приводятся данные по стойкости элементной базы радиоэлектронных схем к действию электромагнитного импульса.

Книга написана на уровне, доступном для понимания читателя, знакомого с курсами высшей математики и общей физики в объеме высшего технического учебного заведения.

Для студентов, аспирантов, преподавателей, инженеров и научных работников соответствующих специальностей.

Ил. 117. Табл. 32. Библ. 30 назв.

ISBN 978-5-94052-250-8



9 785940 522508

© Любомудров А. А., 2017

© Физматлит (оформление), 2017

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                                    |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ПРЕДИСЛОВИЕ.....</b>                                                                                            | <b>9</b>  |
| <b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>                                                                                               | <b>10</b> |
| <br>ГЛАВА 1                                                                                                        |           |
| <b>НАЧАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА.....</b>                                                                     | <b>19</b> |
| 1.1. Энерговыведение при ядерном взрыве .....                                                                      | 19        |
| 1.2. Плазменная область ядерного взрыва.....                                                                       | 23        |
| 1.3. Нейтроны, испускаемые при взрыве ядерного боеприпаса .....                                                    | 29        |
| 1.4. Гамма-излучение, испускаемое при взрыве<br>ядерного боеприпаса .....                                          | 45        |
| 1.5. Тепловая волна ядерного взрыва .....                                                                          | 49        |
| 1.6. Закон движения фронта тепловой волны. Использование метода<br>размерностей для решения физических задач ..... | 54        |
| 1.7. Разлет газообразных продуктов ядерного взрыва.....                                                            | 59        |
| <br>ГЛАВА 2                                                                                                        |           |
| <b>УДАРНЫЕ ВОЛНЫ И ВОЛНЫ СЖАТИЯ<br/>ПРИ ЯДЕРНОМ ВЗРЫВЕ.....</b>                                                    | <b>62</b> |
| 2.1. Ядерный взрыв в воздухе .....                                                                                 | 62        |
| 2.2. Ударные волны в газах .....                                                                                   | 66        |
| 2.3. Общая характеристика ударной волны ядерного взрыва<br>в однородной безграничной атмосфере .....               | 73        |
| 2.4. Сильная ударная волна .....                                                                                   | 75        |
| 2.5. Закон подобия для сферических ударных волн .....                                                              | 79        |
| 2.6. Ударная волна наземного и воздушного ядерных взрывов .....                                                    | 83        |
| 2.7. Особенности ударных волн и волн сжатия в твердых средах.....                                                  | 94        |
| 2.8. Ударные волны в пористых средах .....                                                                         | 100       |
| 2.9. Упругие волны в твердых средах .....                                                                          | 104       |
| 2.10. Ядерный взрыв в грунте .....                                                                                 | 110       |
| 2.11. Ядерный взрыв в воде .....                                                                                   | 114       |

## ГЛАВА 3

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ  
МЕХАНИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА ..... 121**

- 3.1. Обтекание тел ударной волной ..... 121
- 3.2. Силы, действующие на тело при обтекании его ударной волной ..... 123
- 3.3. Соударение тел ..... 128
- 3.4. Модели деформируемых тел ..... 136
- 3.5. Нагрузки на внутренние узлы конструкции  
при действии ударной волны ..... 142

## ГЛАВА 4

**ТЕПЛОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА ..... 162**

- 4.1. Общая характеристика теплового излучения ядерного взрыва ..... 162
- 4.2. Световое излучение воздушного ядерного взрыва ..... 166
- 4.3. Рентгеновское излучение высотного ядерного взрыва ..... 172

## ГЛАВА 5

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ  
ТЕПЛОВОГО ДЕЙСТВИЯ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА ..... 176**

- 5.1. Общая характеристика теплового действия ядерного взрыва ..... 176
- 5.2. Поглощение энергии теплового излучения в веществе ..... 178
- 5.3. Постановка задачи о нагреве тел излучением ..... 181
- 5.4. Методы решения задач о нагреве тел ..... 184
- 5.5. Температурные напряжения, возникающие  
в твердом теле при действии излучения ..... 192
- 5.6. Импульс давления, возникающий при испарении вещества  
под действием излучения ..... 197

## ГЛАВА 6

**ПРОНИКАЮЩАЯ РАДИАЦИЯ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА ..... 200**

- 6.1. Физические величины, характеризующие проникающую радиацию  
ядерного взрыва ..... 200
- 6.2. Поле нейтронного излучения ядерного взрыва ..... 206
- 6.3. Поле гамма-излучения ядерного взрыва ..... 212
- 6.4. Ионизационные эффекты при действии  
проникающей радиации ..... 225
- 6.5. Радиационные повреждения в материалах при действии  
проникающей радиации ..... 233
- 6.6. Действие проникающей радиации ядерного взрыва на радио-  
электронную аппаратуру и методы повышения радиационной  
стойкости ..... 236

## ГЛАВА 7

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ИМПУЛЬС ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА ..... 243**

|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.1. Электромагнитные поля и волны .....                                                                      | 243 |
| 7.2. Физика генерирования электромагнитного импульса ядерного взрыва .....                                    | 249 |
| 7.3. Характеристики электромагнитного импульса ядерного взрыва .....                                          | 256 |
| 7.4. Электромагнитный импульс в полости .....                                                                 | 262 |
| 7.5. Токи, наведенные в проводниках при движении заряженных частиц ..                                         | 266 |
| 7.6. Электромагнитный импульс, генерируемый системой .....                                                    | 268 |
| 7.7. Напряжения и токи в электрических цепях при действии электромагнитного импульса .....                    | 270 |
| 7.8. Действие электромагнитного импульса ядерного взрыва на радиоэлектронную аппаратуру и методы защиты ..... | 275 |

## ГЛАВА 8

**ОСТАТОЧНЫЕ ЯВЛЕНИЯ ЯДЕРНОГО ВЗРЫВА ..... 282**

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.1. Облако ядерного взрыва .....                                      | 282 |
| 8.2. Воронка ядерного взрыва .....                                     | 287 |
| 8.3. Пылевые образования при ядерном взрыве .....                      | 289 |
| 8.4. Капельно-жидкая влага в облаке ядерного взрыва .....              | 291 |
| 8.5. Радиоактивное загрязнение при ядерном взрыве .....                | 293 |
| 8.6. Ионизация атмосферы при ядерном взрыве .....                      | 297 |
| 8.7. Влияние ядерных взрывов на распространение радиоволн .....        | 307 |
| 8.8. Распространение электромагнитных волн в ионизированной среде .... | 310 |

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ..... 317****ЛИТЕРАТУРА ..... 318**