

С.М. Аполлонский

ЗАЩИТА ТЕХНОСФЕРЫ ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ И ИЗЛУЧЕНИЙ

Том 3. Методы полей
от физических полей и излучений

Монография

RU
science
RU-SCIENCE.COM

С.М. Аполлонский

**ЗАЩИТА ТЕХНОСФЕРЫ
ОТ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ
И ИЗЛУЧЕНИЙ**

В ТРЕХ ТОМАХ

Том 3

**Методы защиты от физических полей
и излучений**

Монография

RU
science
RU-SCIENCE.COM

**Москва
2021**

УДК 504.75
ББК 20.1
А76

Аполлонский С.М.

А76 Защита техносферы от воздействия физических полей и излучений. В 3 т. Т. 3. Методы защиты от физических полей и излучений : монография / С.М. Аполлонский. — М. : РУСАЙНС, 2021. — 336 с.

ISBN 978-5-4365-7590-2

Монография предназначена для научных и инженерно-технических работников, занимающихся проблемами безопасности технических средств и человека при воздействии физических полей и излучений; для магистров, аспирантов и научных работников, специализирующихся в области электромагнитной безопасности технических средств и биообъектов, а также для студентов технических учебных заведений, изучающих влияние на биосферу физических полей и излучений, включающих неионизирующие электромагнитные излучения, ионизирующие излучения и виброакустические воздействия. Рассмотренные вопросы могут оказаться полезными для медицинских работников, сталкивающихся с рассмотренными проблемами в практической деятельности.

The book is intended for scientific and technical workers, dealing with the safety of technical facilities and on exposure to the physical fields and radiation; for graduate, post-graduate students and researchers specializing in the field of electromagnetic safety of technical devices and biological objects, as well as for students of technical schools, studying the impact on the biosphere of physical fields and radiation, including non-ionizing electromagnetic radiation, ionizing radiation, and vibro-acoustic effects. The above questions can be useful for health professionals faced with addressing the problem in practice.

**УДК 504.75
ББК 20.1**

ISBN 978-5-4365-7590-2

© Аполлонский С.М., 2021
© ООО «РУСАЙНС», 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
РАЗДЕЛ I. ЗАЩИТА ОТ НЕИОНИЗИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ И ИЗЛУЧЕНИЙ	4
ГЛАВА 1. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ	4
1.1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ИНЖЕНЕРНО- ТЕХНИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ	4
1.2. ЗАЩИТА ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА	6
1.3. ЗАЩИТА ОТ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ	8
1.4. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ	9
1.5. ЗАЩИТА ОТ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ	12
1.6. ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ РАДИОЧАСТОТ	14
ГЛАВА 2. ЭКРАНИРУЮЩИЕ СИСТЕМЫ	25
2.1. ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ	25
2.2. ПРИНЦИПЫ ЭКРАНИРОВАНИЯ ПОЛЕЙ	27
2.3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭКРАНИРОВАНИЯ	30
ГЛАВА 3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ПАССИВНЫХ ЭКРАНИРУЮЩИХ ОБОЛОЧЕК	37
3.1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДНОСЛОЙНЫХ ОБОЛОЧЕК	37
3.1.1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	37
3.1.2. СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ	39
3.1.3. УЧЁТ НЕЛИНЕЙНОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛА ЭКРАНА	43
3.2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МНОГОСЛОЙНЫХ ОБОЛОЧЕК	45
3.2.1. ОБЩИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	45
3.2.2. УВЕЛИЧЕНИЕ СТЕПЕНИ ОДНОРОДНОСТИ ПОЛЯ В ПОЛОСТИ МНОГОСЛОЙНОЙ ОБОЛОЧКИ	46
3.2.3. ВЛИЯНИЕ ЭКРАНИРУЮЩИХ ОБОЛОЧЕК НА СТРУКТУРУ ВНЕШНЕГО ПОЛЯ	47
3.3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕОДНОРОДНЫХ ОБОЛОЧЕК	48
3.3.1. ОБОЛОЧКИ С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ	48
3.3.2. ЗАМКНУТЫЕ ЭКРАНЫ СО СЛАБОЙ ПОВЕРХНОСТНОЙ НЕОДНОРОДНОСТЬЮ	50
3.3.3. ОБОЛОЧКИ С ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ НЕОДНОРОДНОСТЯМИ	51
3.3.4. СЕТОЧНЫЕ И РЕШЕТЧАТЫЕ ОБОЛОЧКИ	52
3.4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ	52

ГЛАВА 4. ПРИМЕНЕНИЕ ЭКРАНИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ	56
4.1. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ НАСЕЛЕНИЯ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ.....	56
4.2. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ, ГДЕ ИСПОЛЬЗУЮТСЯ ЭКРАНЫ.....	58
4.3. ЭКРАНЫ В СРЕДСТВАХ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ	63
4.4. ЭКРАНЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ИНЖЕНЕРНО- ТЕХНИЧЕСКИХ МЕР ЗАЩИТЫ	65
4.5. ЗАЩИТА ОТ ИЗЛУЧЕНИЙ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ.....	68
4.6. ЗАЩИТА ОТ ИЗЛУЧЕНИЙ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ.....	76
4.7. ЗАЩИТА В ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ.....	80
ГЛАВА 5. СНИЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ ПРИРОДНЫХ ЭКРАНОВ	84
5.1. ВИДЫ ПРИРОДНЫХ ЭКРАНОВ	84
5.2. ЭКРАНИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ	85
5.2.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ	87
5.2.2. УЧЁТ ЭКРАНИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ЗЕЛЁНЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ.....	88
5.3. ЭКРАНИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДНЫХ СРЕД.....	95
5.3.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ	95
5.3.2. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ВОДЫ	97
5.3.3. УЧЁТ ЭКРАНИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ВОДЫ В ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ	100
5.4. ЭКРАНИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗДУШНЫХ СРЕД	100
5.4.1. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ	100
5.4.2. УЧЁТ ЭКРАНИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ В ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ.....	110
5.5. ЭКРАНИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРУНТОВ	110
5.5.1. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ГРУНТОВ.....	110
5.5.2. УЧЁТ ЭКРАНИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ В ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ	117
ГЛАВА 6. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ВИДИМОГО, ИНФРАКРАСНОГО, УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО И ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЙ.....	121
6.1. ЗАЩИТА ОТ ВИДИМОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	121
6.2. ЗАЩИТА ОТ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	127

6.3. ЗАЩИТА ОТ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	142
6.4. ЗАЩИТА ОТ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	144
6.4.1. ПРОФИЛАКТИКА ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	144
6.4.2. РАСЧЁТ БЕЗОПАСНОЙ ЗОНЫ ДЛЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	145
РАЗДЕЛ II. ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ.....	153
ВВЕДЕНИЕ.....	153
ГЛАВА 7. СРЕДСТВА И ВИДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ.....	155
7.1. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ.....	155
7.1.1. СРЕДСТВА КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ.....	155
7.1.2. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ.....	157
7.1.3. КРИТЕРИИ ПРИНЯТИЯ НЕОТЛОЖНЫХ РЕШЕНИЙ В НАЧАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ АВАРИЙНОЙ СИТУАЦИИ.....	159
7.2. ВИДЫ ЗАЩИТЫ ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ.....	160
7.2.1. ХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ.....	161
7.2.2. ФИЗИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ.....	162
7.2.3. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА ОТ ИОНИЗИРУЮЩИХ ИЗЛУЧЕНИЙ.....	167
7.3. РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ПРИ РАБОТЕ С ТЕХНОГЕННЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ИЗЛУЧЕНИЯ.....	167
ГЛАВА 8. ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЁТА ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРВИЧНОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ.....	171
8.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	171
8.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕКОТОРЫХ РАДИОНУКЛИДОВ КАК ГАММА-ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ.....	173
8.3. ИНЖЕНЕРНЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЁТА ЗАЩИТЫ ОТ ФОТОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ.....	178
8.4. ЗАЩИТА ВРЕМЕНЕМ, КОЛИЧЕСТВОМ, РАССТОЯНИЕМ.....	185
8.5. РАСЧЁТ ЗАЩИТЫ С ПОМОЩЬЮ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ТАБЛИЦ.....	186
8.6. РАСЧЁТ ЗАЩИТЫ С ПОМОЩЬЮ НОМОГРАММ.....	189
8.7. РАСЧЁТ ЗАЩИТЫ ОТ ПЛОСКИХ И ТОЧЕЧНЫХ ИЗОТРОПНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПО СЛОЯМ ОСЛАБЛЕНИЯ.....	189
8.8. МЕТОД КОНКУРИРУЮЩИХ ЛИНИЙ.....	195
ГЛАВА 9. РАСЧЁТЫ ЗАЩИТ ОТ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЙ.....	199
9.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАЩИТ.....	199
9.2. РАСЧЁТ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРВИЧНОГО И РАССЕЯННОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОНУКЛИДОВ.....	202

9.2.1. РАСЧЁТ ЗАЩИТЫ ОТ ПЕРВИЧНОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ	202
9.2.2. РАСЧЁТ ЗАЩИТЫ ОТ РАССЕЯННОГО ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ	209
9.3. ЗАЩИТА ОТ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	214
9.3.1. ЗАЩИТА ОТ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ β - ЧАСТИЦ	214
9.3.2. РАСЧЁТ ЗАЩИТЫ ОТ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСКОРИТЕЛЕЙ	217
9.4. ЗАЩИТА ОТ РАССЕЯННОГО ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	226
ГЛАВА 10. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	229
10.1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ЗАЩИТЫ ОТ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	229
10.2. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	231
10.2.1. СТАЦИОНАРНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	231
10.2.2. ПЕРЕДВИЖНЫЕ И ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	237
10.3. КОНТРОЛЬ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОЗ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	238
10.4. МАТЕРИАЛЫ ЗАЩИТЫ ОТ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	240
10.5. МЕДИЦИНСКИЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	242
10.6. ФИЗИЧЕСКЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРОТИВОЛУЧЕВОЙ ЗАЩИТЫ	244
10.7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	246
10.7.1. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРСОНАЛА	246
10.7.2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПАЦИЕНТОВ	250
10.7.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НАСЕЛЕНИЯ	252
10.7.4. РАДИАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ	252
РАЗДЕЛ III. ЗАЩИТА ОТ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	257
ГЛАВА 11. СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА	257
11.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА	257
11.2. СИСТЕМЫ ЭКРАНИРОВАНИЯ ОТ ШУМА	267
11.3. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА	270

ГЛАВА 12. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА БОРЬБЫ С ИНФРАЗВУКОМ И УЛЬТРАЗВУКОМ.....	273
12.1. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ИНФРАЗВУКА	273
12.2. ЗАЩИТА ОТ ИНФРАЗВУКА ПО ПУТИ ЕГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ	274
12.3. МЕДИЦИНСКИЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ИНФРАЗВУКА.....	277
12.4. МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ УЛЬТРАЗВУКА.....	279
12.5. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ОТ УЛЬТРАЗВУКА И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА.....	284
12.6. ЗАЩИТА ОТ УЛЬТРАЗВУКА ПО ПУТИ ЕГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ.....	285
12.7. МЕДИЦИНСКИЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ УЛЬТРАЗВУКА	287
ГЛАВА 13. ЗАЩИТА ОТ ВИБРАЦИИ	292
13.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	292
13.2. УМЕНЬШЕНИЕ ВИБРАЦИИ В ИСТОЧНИКЕ ОБРАЗОВАНИЯ И ПО ПУТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ.....	293
13.3. ВИБРОИЗОЛЯЦИЯ СТАЦИОНАРНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	299
13.4. ВИБРОИЗОЛЯЦИЯ РАБОЧИХ МЕСТ	308
13.5. ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ И ЛЕЧЕБНО- ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ	312
13.6. СРЕДСТВА КОЛЛЕКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ВИБРАЦИИ.....	313
13.7. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ВИБРАЦИИ.....	316
БИБЛИОГРАФИЯ.....	319