

П. Я. Уфимцев

ОСНОВЫ физической теории дифракции

Авторский перевод с английского
П. Я. Уфимцева

4-е издание, электронное



Москва
Лаборатория знаний
2020

УДК 535
ББК 22.343
У88

Уфимцев П. Я.

У88 Основы физической теории дифракции / П. Я. Уфимцев ; пер. с англ. — 4-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2020. — 353 с. — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-00101-762-2

В книге изучается дифракция акустических и электромагнитных волн на телах, больших по сравнению с длиной волны. Развита в ней асимптотическая теория может быть полезна при решении разнообразных дифракционных задач, возникающих, например, в таких областях техники, как проектирование микроволновых антенн, конструирование акустических барьеров для снижения уровня шумов, мобильная и спутниковая радиосвязь, стелс-технология по созданию объектов, невидимых для радаров и сонаров.

Для научных сотрудников, преподавателей вузов, аспирантов и студентов старших курсов, изучающих дифракционные явления в таких дисциплинах, как акустика, оптика, радиофизика, математическая физика и т. д.

УДК 535
ББК 22.343

Деривативное издание на основе печатного аналога: Основы физической теории дифракции / П. Я. Уфимцев ; пер. с англ. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. — 350 с. : ил. — ISBN 978-5-94774-919-9.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

Copyright © 2007 by John Wiley & Sons, Inc. All Rights Reserved.
This EBook is published under license with the original publisher John Wiley & Sons, Ltd.

ISBN 978-5-00101-762-2

© Перевод на русский язык, Лаборатория знаний, 2015

Оглавление

| | |
|--|-----------|
| Предисловие | 10 |
| Предисловие автора к американскому изданию. | 15 |
| Благодарности | 17 |
| Введение. | 18 |
| Глава 1. Основные понятия в теории дифракции акустических и электромагнитных волн | 23 |
| 1.1. Формулировка дифракционных задач | 23 |
| 1.2. Рассеянное поле в дальней зоне | 25 |
| 1.3. Физическая оптика. | 29 |
| 1.3.1. Определение физической оптики | 29 |
| 1.3.2. Полный поперечник рассеяния | 32 |
| 1.3.3. Оптическая теорема | 33 |
| 1.3.4. Теневое излучение | 34 |
| 1.3.5. Теорема о теневом контуре и полный поперечник рассеяния | 39 |
| 1.3.6. Перечень свойств физической оптики | 42 |
| 1.4. Неравномерная компонента поверхностного поля | 43 |
| 1.5. Электромагнитные волны. | 46 |
| Задачи | 50 |
| Глава 2. Дифракция на клине: точное решение и асимптотики | 53 |
| 2.1. Классические решения | 53 |
| 2.2. Возбуждение плоской волной | 58 |
| 2.3. Преобразование рядов в интегралы Зоммерфельда | 60 |
| 2.4. Лучевые асимптотики Зоммерфельда | 65 |
| 2.5. Асимптотики Паули | 67 |
| 2.6. Равномерные асимптотики: обобщение метода Паули | 72 |
| 2.7. Комментарии к альтернативным асимптотикам. | 76 |
| Задачи | 77 |
| Глава 3. Дифракция на клине: приближение физической оптики | 80 |
| 3.1. Исходные интегралы физической оптики. | 80 |
| 3.2. Преобразование интегралов ФО в каноническую форму. | 83 |

| | |
|---|------------|
| 3.3. Лучевые асимптотики для дифракционного поля в приближении ФО | 87 |
| Задачи | 89 |
| Глава 4. Дифракция на клине: поле, излучаемое неравномерной компонентой поверхностных источников | 90 |
| 4.1. Интегралы и асимптотики | 90 |
| 4.2. Интегральная форма функций $f^{(1)}$ и $g^{(1)}$ | 95 |
| 4.3. Наклонное падение плоской волны на клин | 97 |
| 4.3.1. Акустические волны | 97 |
| 4.3.2. Поляризационная связь электромагнитных волн | 101 |
| Задачи | 104 |
| Глава 5. Первичная дифракция на лентах и полигональных цилиндрах | 105 |
| 5.1. Дифракция на ленте | 105 |
| 5.1.1. Приближение физической оптики для рассеянного поля | 106 |
| 5.1.2. Полное рассеянное поле | 109 |
| 5.1.3. Численный анализ рассеянного поля | 113 |
| 5.1.4. ФТД первого порядка с усеченными источниками $j_h^{(1)}$ | 116 |
| 5.2. Дифракция на трехгранном цилиндре | 121 |
| 5.2.1. Симметричное рассеяние: приближение ФО | 121 |
| 5.2.2. Обратное рассеяние: приближение ФО | 124 |
| 5.2.3. Симметричное рассеяние: ФТД первого порядка | 126 |
| 5.2.4. Обратное рассеяние: ФТД первого порядка | 129 |
| 5.2.5. Численный анализ рассеянного поля | 131 |
| Задачи | 133 |
| Глава 6. Осесимметричное рассеяние акустических волн на телах вращения | 137 |
| 6.1. Дифракция на канонической конической поверхности | 137 |
| 6.1.1. Интегралы для рассеянного поля | 138 |
| 6.1.2. Лучевые асимптотики | 140 |
| 6.1.3. Фокусировка краевых волн | 146 |
| 6.1.4. Интерполяция для поля $u_{s,h}^{(1)}$ с помощью функций Бесселя | 148 |
| 6.2. Рассеяние на диске | 149 |
| 6.2.1. Приближение физической оптики | 150 |
| 6.2.2. Поле, излучаемое неравномерными поверхностными источниками | 152 |
| 6.2.3. Полное рассеянное поле | 154 |
| 6.3. Рассеяние на конусах: поле на фокальной линии | 156 |
| 6.3.1. Асимптотики | 156 |
| 6.3.2. Численный анализ обратного рассеяния | 160 |
| 6.4. Тела вращения с ненулевой гауссовой кривизной: обратное рассеяние | 163 |

| | |
|--|-----|
| 6.4.1. Приближение ФО | 164 |
| 6.4.2. Обратное рассеяние. Поле на фокальной линии: ФТД первого порядка | 166 |
| 6.4.3. Обратное рассеяние от параболоидов | 167 |
| 6.4.4. Обратное рассеяние от сферических сегментов. | 172 |
| 6.5. Тела вращения с ненулевой гауссовой кривизной: осесимметричное бистатистическое рассеяние | 175 |
| 6.5.1. Лучевые асимптотики для поля в приближении ФО | 177 |
| 6.5.2. Приближение ФО: интерполяция с функциями Бесселя для поля в области $\pi - \omega \leq \vartheta \leq \pi$ | 180 |
| 6.5.3. Приближение ФТД: интерполяция с функциями Бесселя для поля в области $\pi - \omega \leq \vartheta \leq \pi$ | 181 |
| 6.5.4. ФТД-асимптотики для поля в области $2\omega \leq \vartheta \leq \pi - \omega$ вдали от геометрооптической границы $\vartheta = 2\omega$ | 182 |
| 6.5.5. Равномерные асимптотики для поля ФО в лучевой области $2\omega < \vartheta \leq \pi - \omega$, включая ее границу $\vartheta = 2\omega$ | 182 |
| 6.5.6. Аппроксимация ФО-поля в области тени для отраженных лучей | 186 |
| Задачи | 187 |

Глава 7. Элементарные акустические и электромагнитные краевые волны

| | |
|--|-----|
| 7.1. Элементарные полоски на каноническом клине | 190 |
| 7.2. Интегральные представления для неравномерных компонент поверхностных источников $j_{s,h}^{(1)}$ | 192 |
| 7.3. Трехкратные интегралы для элементарных краевых волн | 195 |
| 7.4. Преобразование трехкратных интегралов в однократные. | 198 |
| 7.5. Асимптотики для элементарных краевых волн | 203 |
| 7.6. Аналитические свойства элементарных краевых волн | 207 |
| 7.7. Численные расчеты элементарных краевых волн | 211 |
| 7.8. Электромагнитные элементарные краевые волны | 214 |
| 7.9. Устранение сингулярностей при скользящих направлениях $\varphi_0 = \pi$ и $\varphi_0 = \alpha - \pi$ | 218 |
| 7.9.1. Акустические волны | 219 |
| 7.9.2. Электромагнитные ЭКВ | 224 |
| 7.10. Некоторые публикации других авторов, имеющие отношение к элементарным краевым волнам | 229 |
| Задачи | 230 |

Глава 8. Лучевые и каустические асимптотики для краевых дифракционных волн

| | |
|---|-----|
| 8.1. Лучевые асимптотики | 234 |
| 8.1.1. Акустические волны | 234 |
| 8.1.2. Электромагнитные волны. | 239 |
| 8.1.3. Комментарии к лучевым асимптотикам | 240 |

| | |
|---|------------|
| 8.2. Каустические асимптотики | 242 |
| 8.2.1 Акустические волны | 242 |
| 8.2.2. Электромагнитные волны. | 246 |
| Задачи | 248 |
| Глава 9. Многократная дифракция краевых волн: скользящее падение и дифракция волн с нулем диаграммы направленности (<i>slope diffraction</i>). | 250 |
| 9.1. Постановка задачи и библиография. | 250 |
| 9.2. Дифракция скользящих волн | 251 |
| 9.2.1. Акустические волны | 252 |
| 9.2.2. Электромагнитные волны. | 256 |
| 9.3. Дифракция волн с нулем диаграммы направленности (<i>slope diffraction</i>) | 257 |
| 9.3.1. Акустические волны | 257 |
| 9.3.2. Электромагнитные волны. | 260 |
| 9.4. Дифракция волн с нулем диаграммы направленности: общий случай <i>slope diffraction</i> | 261 |
| 9.4.1. Акустические волны | 261 |
| 9.4.2. Электромагнитные волны. | 264 |
| Задачи | 267 |
| Глава 10. Дифракционное взаимодействие краев на линейчатой поверхности | 268 |
| 10.1. Дифракция на акустически жесткой поверхности | 269 |
| 10.2. Дифракция на акустически мягкой поверхности | 271 |
| 10.3. Дифракция электромагнитных волн | 273 |
| Задачи | 275 |
| Глава 11. Фокусировка многократных краевых волн при дифракции на выпуклых телах вращения с плоским торцом | 276 |
| 11.1. Постановка задачи и ее характерные черты. | 276 |
| 11.2. Многократная дифракция на акустически жестком теле. | 278 |
| 11.3. Многократная дифракция на акустически мягком теле | 279 |
| Задачи | 281 |
| Глава 12. Фокусировка многократных краевых волн при дифракции на диске | 282 |
| 12.1. Многократная дифракция на акустически жестком диске | 282 |
| 12.2. Многократная дифракция на акустически мягком диске | 285 |
| 12.3. Многократная дифракция электромагнитных волн | 289 |
| Задачи | 290 |
| Глава 13. Обратное рассеяние на цилиндре конечной длины | 291 |
| 13.1. Акустические волны | 291 |
| 13.1.1. Приближение физической оптики | 291 |

| | |
|--|------------|
| 13.1.2. Поле, создаваемое неравномерной компонентой $j^{(1)}$ | 295 |
| 13.1.3. Полное рассеянное поле | 299 |
| 13.2. Электромагнитные волны | 301 |
| 13.2.1. E -поляризация | 301 |
| 13.2.2. H -поляризация | 305 |
| Задачи | 307 |
| Глава 14. Бистатическое рассеяние на цилиндре конечной длины . . . | 309 |
| 14.1. Акустические волны | 309 |
| 14.1.1. Приближение физической оптики | 310 |
| 14.1.2. Теневое излучение как компонента рассеянного поля | 313 |
| 14.1.3. ФТД для поля, рассеянного жестким цилиндром | 314 |
| 14.1.4. Пучки и лучи в рассеянном поле | 318 |
| 14.1.5. Уточненные асимптотики для пучка, зеркально отраженного от цилиндрической поверхности. | 321 |
| 14.2. Электромагнитные волны | 325 |
| 14.2.1. E - поляризация | 325 |
| 14.2.2. H -поляризация | 327 |
| 14.2.3. Уточненные асимптотики для пучка, зеркально отраженного от цилиндрической поверхности | 329 |
| Задачи | 332 |
| Заключение | 335 |
| Литература | 336 |
| Предметный указатель. | 346 |