

Брянская государственная
инженерно-технологическая академия

Е.А.Вощукова

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ АКУСТИКИ

Учебное пособие

Брянск 2011

УДК 534 (075)

Вощукова, Е.А. Физические основы строительной акустики: учебное пособие для студентов очного и заочного обучения (направление подготовки бакалавров «Строительство») / Е.А.Вощукова. – Брянск: БГИТА, 2011. –96 с.

Рассмотрен ряд вопросов, связанных с физикой колебательных и волновых процессов, особенностями распространения звуковых волн в воздухе, процессами отражения и поглощения звука различными поверхностями. Отдельные главы посвящены механизму слухового восприятия и принципам действия источников и приемников звука. Рассматриваются основные методы расчета звукового поля в помещении, влияние характеристик помещения на качество восприятия звуковых сигналов. Особое внимание уделено вопросам влияния шума на организм человека и способам защиты от шума.

Предназначено для студентов, изучающих дисциплины «Физические основы строительной акустики» и «Физические основы шумопоглощения».

Рецензент

Алексеева Г.Д., доцент, канд. физ.-мат. наук

Рекомендовано в качестве учебного пособия научно-методическим советом БГИТА

Протокол № 6 от 30.06.2011

© Брянская государственная
инженерно-технологическая
академия, 2011
© Е.А. Вощукова, 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ	Стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	3
ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АКУСТИКИ	
1 КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ	
1.1 Необходимые сведения из математики	
1.1.1 Комплексные числа.....	5
1.1.2 Ряд Фурье. Интеграл Фурье.....	7
1.2 Колебания и волны: основные понятия	8
1.2.1 Гармонические колебания и их характеристики.....	8
1.2.2 Затухающие колебания.....	10
1.2.3 Вынужденные колебания. Резонанс.....	12
1.2.4 Упругие волны в сплошной среде.....	14
2 ЗВУКОВЫЕ ВОЛНЫ В ВОЗДУХЕ	
2.1 Основные определения.....	17
2.2 Основные уравнения гидродинамики в акустическом приближении	
2.2.1 Уравнение неразрывности.....	18
2.2.2 Уравнение движения.....	19
2.2.3 Уравнение состояния.....	19
2.3 Волновое уравнение для звуковых волн в воздухе. Скорость звука.....	20
2.4 Плоская гармоническая звуковая волна.....	21
2.5 Энергия звуковой волны. Интенсивность звука.....	23
2.6 Логарифмическая шкала силы звука.....	24
3 ВОСПРИЯТИЕ ЗВУКА ЧЕЛОВЕКОМ	
3.1 Слух.....	26
3.2 Высота тона.....	28
3.3 Громкость звука.....	29
3.4 Спектральный состав звука.....	31
4 ИСТОЧНИКИ И ПРИЕМНИКИ ЗВУКА	
4.1 Излучение звука колеблющимися телами.....	34
4.1.1 Колебания струны.....	34
4.1.2 Колебания мембраны.....	36
4.1.3 Электродинамический громкоговоритель (динамик).....	36
4.1.4 Механический шум.....	37
4.2 Гидродинамические излучатели звука	
4.2.1 Сирена.....	38
4.2.2 Свисток.....	39
4.2.3 Духовые музыкальные инструменты.....	39
4.2.4 Аэрогидродинамические шумы.....	40
4.3 Приемники звука	
4.3.1 Угольный микрофон.....	41
4.3.2 Электромагнитный микрофон.....	41

4.3.3 Электродинамические микрофоны.....	41
4.3.4 Конденсаторный микрофон.....	42
4.3.5 Пьезоэлектрический микрофон.....	42
5 ОТРАЖЕНИЕ И ПРЕЛОМЛЕНИЕ ЗВУКОВЫХ ВОЛН	
5.1 Отражение звуковой волны от плоской границы при нормальном падении.....	44
5.2 Отражение и преломление при наклонном падении.....	48
5.3 Прохождение звуковой волны через плоский слой материала....	51
МЕТОДЫ РАСЧЕТА ЗВУКОВОГО ПОЛЯ В ПОМЕЩЕНИИ.....	54
6 ВОЛНОВОЙ МЕТОД РАСЧЕТА ЗВУКОВОГО ПОЛЯ В ЗАМКНУТОМ ОБЪЕМЕ	
6.1 Постановка задачи.....	55
6.2 Собственные колебания и собственные частоты прямоугольного объема.....	56
6.3 Классификация собственных колебаний замкнутого объема.....	57
6.4 Особенности спектра собственных частот колебаний замкнутого объема.....	59
7 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ СТАТИСТИЧЕСКОЙ АКУСТИКИ ДЛЯ РАСЧЕТА ЗВУКОВОГО ПОЛЯ В ПОМЕЩЕНИИ	
7.1 Диффузное звуковое поле и его основные характеристики.....	60
7.2 Решение задачи о расчете плотности энергии звукового поля в помещении.....	61
7.3 Время реверберации как характеристика акустических качеств помещения.....	64
7.4 Расчет уровня звука в помещении	
7.4.1 Учет прямого и отраженного звука.....	66
7.4.2 Приближенная оценка постоянного помещения.....	67
7.4.3 Учет расположения и характеристики направленности источника звука.....	68
ПРОБЛЕМЫ БОРЬБЫ С ШУМОМ	
8 ИСТОЧНИКИ ШУМА	
8.1 Шум. Классификация шумов.....	70
8.2 Источники шума в жилых помещениях.....	73
8.3 Производственный шум.....	74
8.4 Транспорт как источник шума.....	76
9 ДЕЙСТВИЕ ШУМА НА ЧЕЛОВЕКА. НОРМИРОВАНИЕ ШУМА	
9.1 Действие шума на организм человека	
9.1.1 Общая характеристика шумового воздействия.....	77
9.1.2 Влияние шума на слух.....	78
9.1.3 Воздействие шума на нервную систему.....	79
.....9.1.4 Психологическая реакция человека на шум.....	79
9.1.5 «Шумовая болезнь» и ее симптомы.....	80

9.2 Требования к шумовым характеристикам жилых помещений и рабочих мест.....	80
10 МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА	
10.1 Классификация средств и методов защиты от шума.....	83
10.2 Акустические методы защиты от шума.....	84
10.3 Резонансные звукопоглотители.....	85
10.3.1 Основные характеристики резонансных звукопоглотителей и методы их расчета.....	86
10.3.2 Использование РЗП для снижения уровня шума в низкочастотном диапазоне.....	90
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	92