

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Тольяттинский государственный университет

А.В. Краснов

АКУСТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Электронное учебно-методическое пособие

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», 2023

ISBN 978-5-8259-1354-4

УДК 534.83(075.8)

ББК 38.92я73

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент кафедры промышленной и экологической безопасности Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева-КАИ *А.И. Шакирова*;
канд. техн. наук, доцент, доцент ИИ и ЭБ Тольяттинского государственного университета *А.В. Щипанов*.

Краснов, А.В. Акустическая безопасность : электронное учебно-методическое пособие / А.В. Краснов. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2023. – 1 оптический диск. – ISBN 978-5-8259-1354-4.

Учебно-методическое пособие разработано для изучения дисциплины и выполнения практических работ по курсу «Акустическая безопасность», а также оказания помощи студентам в организации самостоятельной работы при освоении данной дисциплины.

Предназначено для студентов направления подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность», профиль «Системы управления производственной, промышленной и экологической безопасностью».

В учебно-методическом пособии рассмотрены вопросы обеспечения акустической безопасности в производственных помещениях и на селитебных территориях.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер: Windows XP/Vista/7/8/10; PIII 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader.

© Краснов А.В., 2023

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский
государственный университет», 2023

Учебное издание

Краснов Александр Валентинович

АКУСТИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Редактор *Т.М. Воропанова*

Технический редактор *Н.П. Крюкова*

Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*

Художественное оформление,

компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

В оформлении пособия использованы изображения
от rawpixel.com и usertrmk на сайте ru.freepik.com

Дата подписания к использованию 22.06.2023.

Объем издания 4,8 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Тираж 50 экз. Заказ № 1-17-23.

Издательство Тольяттинского государственного университета

445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,

тел. 8 (8482) 44-91-47, www.tltsu.ru

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
Тема 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АКУСТИКИ. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ШУМА И ВИБРАЦИЙ	7
Практическое занятие 1. Расчет физических параметров звуковых волн	7
Тема 2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ВИБРАЦИЙ. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА. ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ И ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЕ	19
Практическое занятие 2. Расчет звукоизолирующей эффективности стен и перегородок	19
Практическое занятие 3. Расчет звукоизолирующего кожуха ...	30
Практическое занятие 4. Расчет снижения шума за счет применения акустического экрана	45
Тема 3. ГЛУШИТЕЛИ ШУМА. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ. КОНТРОЛЬ ШУМА СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ	55
Практическое занятие 5. Расчет снижения интенсивности звука при увеличении расстояния от источника шума до рабочего места	56
Практическое занятие 6. Исследования технических средств снижения шума технических систем на основе анализа патентной документации	64
Тема 4. ПСИХОАКУСТИКА И ВОЗДЕЙСТВИЕ ШУМА. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ БОРЬБЫ С ШУМОМ И ВИБРАЦИЕЙ. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ И ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ. ОБЩИЕ ПРАВИЛА АКУСТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	75
ГЛОССАРИЙ	77

ВВЕДЕНИЕ

В данном учебно-методическом пособии представлены краткий теоретический материал и задания для выполнения практических работ по дисциплине «Акустическая безопасность» для студентов направления подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность», профиль «Системы управления производственной, промышленной и экологической безопасностью».

Целью изучения дисциплины является повышение качества подготовки студентов по вопросам обеспечения акустической безопасности в промышленности.

Основные задачи дисциплины:

- научить студентов выполнять анализ шумовых характеристик производственно-технологического оборудования;
- научить использовать современные методы расчета эффективности шумозащитных мероприятий;
- привить студентам навыки оценки соответствия оборудования и территорий промышленных предприятий нормативным требованиям по виброакустике.

По итогам изучения курса студент должен:

- знать физические основы акустики, основные источники шума и вибрации, методы и средства защиты;
- уметь выполнять расчет физических параметров звуковых волн и эффективности шумозащитных мероприятий;
- владеть навыками расчетных оценок характеристик источников шума.

Учебно-методическое пособие содержит:

- описание целей и задач каждой из рассматриваемых тем;
- информацию о знаниях и умениях, получаемых студентом при изучении дисциплины;
- теоретический материал;
- практические задания, выполняемые для освоения дисциплины;
- методическую информацию.

Текущий контроль включает проверку выполнения практических заданий. После выполнения практических заданий студент должен ответить на контрольные вопросы, представленные в экзаменационном билете.

Критерии и нормы оценки:

- 85–100 баллов – «отлично»;
- 70–84 балла – «хорошо»;
- 55–69 баллов – «удовлетворительно»;
- 0–54 балла – «неудовлетворительно».

В первой теме пособия рассмотрены вопросы определения скорости распространения звука в воздухе при различных температурах и длин звуковых волн на различных частотах, расчета уровней звукового давления и уровней звука, оценки совместного действия нескольких источников шума.

Вторая тема посвящена изучению алгоритмов расчета звукоизолирующей эффективности стен и перегородок производственных помещений, акустических кожухов работающих машин, оценки снижения шума за счет применения акустического экрана.

Третья тема включает описание методики определения уровней звукового давления на территории жилой застройки или территории предприятия, создаваемых удаленным источником шума. Рассматриваются вопросы поиска технических решений по базам патентной и научной документации, анализа их достоинств и недостатков.

Четвертая тема содержит практические примеры реализации принципов борьбы с шумом и вибрацией, а также реализации принципов звукоизоляции и звукопоглощения.

Представлен перечень нормативных документов и научно-технических источников, приведены методические указания по выполнению самостоятельной работы студентов и практических занятий. Весьма полезными являются представленные примеры и рекомендации выполнения заданий каждого практического занятия и глоссарий по направлению «Акустическая безопасность».

Тема 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АКУСТИКИ. ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ШУМА И ВИБРАЦИЙ

Цель — получить практические навыки расчета физических параметров звуковых волн.

Задачи

1. Изучить алгоритм расчета физических параметров звуковых волн.
2. Выполнить расчет физических параметров звуковых волн.
3. Оформить результаты расчета.

Нормативный документ — СП 51.13330.2011 «Защита от шума».

Изучив данную тему, студент должен:

- знать физические основы акустики, сведения об основных источниках шума и вибрации;
- уметь выполнять расчет физических параметров звуковых волн;
- владеть навыками оценки совместного действия нескольких источников шума.

При освоении темы необходимо:

- изучить теоретический материал по теме;
- выполнить практическое задание 1;
- оформить и сдать отчет по практическому заданию 1.

Практическое занятие 1 Расчет физических параметров звуковых волн

Форма проведения — практическая работа.

Вопросы для обсуждения

1. Определение скорости распространения звука в воздухе при различных температурах.
2. Определение длины звуковых волн на различных частотах.
3. Расчет уровней звукового давления.
4. Перевод значений уровней звукового давления в уровни звука.
5. Расчет совместного действия нескольких источников.

Методические указания по проведению занятия

1. Изучить алгоритм расчета физических параметров звуковых волн.
2. Выбрать вариант в соответствии с первой буквой фамилии студента (табл. 1.1).
3. Выбрать исходные данные по табл. 1.2–1.7.
4. Выполнить расчеты физических параметров звуковых волн.
5. Оформить отчет по практическому заданию.

Методические материалы к занятию

1. Определите скорость распространения звука в воздухе при различных температурах $t_1 \dots t_5$ (см. табл. 1.2). Сделайте вывод о зависимости скорости распространения звука от температуры.

Скорость распространения звука определяется по формуле

$$c_{1\dots 5} = 20,1\sqrt{273 + t_{1\dots 5}}, \text{ м/с}, \quad (1.1)$$

где $t_{1\dots 5}$ – температура воздуха, °С.

К примеру, скорость звука при температуре +20 °С будет равна

$$c_{20} = 20,1\sqrt{273 + 20} = 344,06 \text{ м/с}.$$

2. Определите длины звуковых волн на различных частотах $f_1 \dots f_5$ (см. табл. 1.3). Сделайте вывод о зависимости длины звуковой волны от частоты. Длина звуковой волны определяется по формуле

$$\lambda_{1\dots 5} = \frac{c_{1\dots 5}}{f_{1\dots 5}}, \text{ м}, \quad (1.2)$$

где $f_{1\dots 5}$ – частота звуковой волны, Гц; $c_{1\dots 5}$ – скорость распространения звуковой волны, м/с.

3. Выполните расчет уровней звукового давления (см. табл. 1.4). Расчет уровней звукового давления выполняется по формуле

$$L_{p1} = 10 \lg \frac{p_{1\dots 5}^2}{p_0^2}, \text{ дБ}, \quad (1.3)$$

где $p_{1\dots 5}$ – звуковое давление, Па; $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па – опорное значение звукового давления.

4. Переведите значения уровней звукового давления в значения уровней звука из диапазона октавных полос частот со среднегеометрическими центрами 31,5...8000 Гц. Расчет выполняется по формуле (1.4):

$$L_{pA} = L_p + \Delta, \text{ дБА}, \quad (1.4)$$

где L_p – уровень звукового давления, дБ; Δ – поправка частотной характеристики для расчета уровней звука, дБ.

Для расчета необходимо использовать поправочные коэффициенты, представленные в табл. 1.5. Варианты заданий приведены в табл. 1.6. Сделайте вывод об изменении чувствительности уха человека в зависимости от частоты. При расчете уровней звука значения уровней звукового давления арифметически складываются со значениями поправки частотной характеристики «А».

5. Расчет совместного действия нескольких источников осуществляется по формуле

$$L_{\Sigma} = 10 \lg(10^{0,1L_{A1}} + 10^{0,1L_{A2}} + 10^{0,1L_{An}}), \text{ дБА}, \quad (1.5)$$

где $L_{A1}, L_{A2}, \dots, L_{An}$ – уровни шума первого, второго, n -го источников, дБА.

Варианты заданий приведены в табл. 1.7.

Выполните расчет суммарного уровня звука трех источников. Сделайте вывод о том, какой из представленных источников должен быть заглушен в первую очередь.

Таблица 1.1

Выбор варианта

Номер варианта	Первая буква фамилии	Номер варианта	Первая буква фамилии
1	А	11	М
2	Б	12	Н
3	В	13	О
4	Г	14	П, Ц
5	Д	15	Р, Ч
6	Е	16	С, Ш
7	Ж	17	Т, Щ
8	З	18	У, Э
9	И, К	19	Ф, Ю
10	Л	20	Х, Я

Таблица 1.2

Варианты для расчета скорости распространения звука

Параметр	Значения температур $t_{1...5}$, °С, по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
t_1	-220	-210	-200	-190	-180	-170	-160	-150	-140	-130
t_2	-70	-60	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20
t_3	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170
t_4	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320
t_5	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470

Окончание таблицы 1.2

Параметр	Значения температур $t_{1...5}$, °С, по вариантам									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
t_1	-120	-110	-100	-90	-80	-300	-280	-260	-240	-220
t_2	30	40	50	60	70	20	40	60	80	100
t_3	180	190	200	210	220	100	120	150	170	200
t_4	330	340	350	360	370	310	210	350	300	280
t_5	480	490	500	510	520	680	330	420	380	370

Таблица 1.3

Варианты для определения длин звуковых волн
на различных частотах

Параметр	Значения частоты $f_{1...5}$, Гц, по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f_1	2	4	6	10	16	20	50	80	100	200
f_2	450	500	600	800	1000	1200	1300	1500	1800	2000
f_3	3000	3200	3400	3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800
f_4	6000	6200	6400	6600	6800	7000	7200	7400	7600	7800
f_5	13 000	14 000	15 000	16 000	17 000	18 000	20 000	22 000	24 000	26 000

Окончание таблицы 1.3

Параметр	Значения частоты $f_{1...5}$, Гц, по вариантам									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
f_1	220	280	300	350	400	620	840	1020	2500	3200
f_2	2100	2300	2500	2800	2900	1250	2500	3150	4000	5000
f_3	5000	5200	5400	5600	5800	6300	8000	10 000	12 500	16 000
f_4	8000	9000	10 000	11 000	12 000	8200	10 200	15 600	16 800	20 000
f_5	28 000	30 000	32 000	34 000	36 000	25 000	31 500	40 000	50 000	63 000

Таблица 1.4

Варианты для расчета уровней звукового давления

Параметр	Значения звукового давления $p_{1...5}$, Па, по вариантам для выполнения расчета уровней звукового давления L_p									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
p_1	0,0002	0,0004	0,0006	0,0008	0,001	0,002	0,004	0,006	0,008	0,01
p_2	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
p_3	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50
p_4	150	180	210	240	270	300	350	400	450	500
p_5	800	850	900	950	1000	1100	1200	1300	1400	1500

Окончание таблицы 1.4

Параметр	Значения звукового давления $p_{1...5}$, Па, по вариантам для выполнения расчета уровней звукового давления L_p									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
p_1	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	10	1	9	0,1	8
p_2	0,9	1	1,2	1,4	1,6	52	6	27	1	180
p_3	60	80	100	120	140	140	60	270	100	1050
p_4	550	600	650	700	750	1000	600	3000	200	2100
p_5	1600	1700	1800	1900	2000	8000	6000	9000	1000	4200

Таблица 1.5

Значения поправок частотной характеристики

Октавные полосы частот, Гц	Поправки Δ частотной характеристики «А», дБ
31,5	-40
63	-26
125	-16
250	-9
500	-3
1000	0
2000	1
4000	1
8000	-1

Таблица 1.6

Задание для перевода значений уровней звукового давления в значения уровней звука

Октавные полосы частот, Гц	Уровень звукового давления L_p по вариантам для выполнения расчета уровней звука, дБ									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
31,5	72	115	74	78	74	102	108	102	92	90
63	71	112	68	75	71	99	103	103	81	91
125	81	106	75	82	81	92	96	96	82	85
250	88	102	87	86	88	86	91	91	85	81
500	91	99	95	91	91	83	88	88	86	77
1000	90	97	94	77	90	80	85	85	87	75
2000	83	95	89	75	83	78	83	83	82	73
4000	82	93	81	70	83	76	81	81	81	71
8000	78	92	79	66	78	75	80	80	79	70

Октавные полосы частот, Гц	Уровень звукового давления L_p по вариантам для выполнения расчета уровней звука, дБ									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
31,5	74	68	98	88	105	99	118	106	115	91
63	68	71	92	83	95	75	90	102	112	77
125	75	81	86	79	92	110	75	99	106	75
250	87	88	86	82	94	56	85	97	85	70
500	95	91	86	83	97	48	83	95	83	66
1000	94	90	85	88	99	42	81	93	81	71
2000	89	83	79	83	95	32	80	92	80	73
4000	81	82	80	82	85	36	78	102	75	68
8000	79	78	81	84	70	40	75	99	70	40

Таблица 1.7

Задание для расчета совместного действия нескольких источников

Пара- метр	Значения уровней звука $L_{A1} \dots L_{A3}$, дБА, по вариантам для выполнения расчета общих уровней звука L_{Σ}									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L_{A1}	108	122	95	90	98	71	94	55	41	63
L_{A2}	97	90	92	45	96	72	94	66	120	69
L_{A3}	79	102	97	85	99	70	94	71	85	67

Окончание табл. 1.7

Пара- метр	Значения уровней звука $L_{A1} \dots L_{A3}$, дБА, по вариантам для выполнения расчета общих уровней звука L_{Σ}									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
L_{A1}	98	35	76	68	85	130	76	81	53	88
L_{A2}	105	38	79	71	85	98	76	86	44	85
L_{A3}	100	35	79	68	85	121	76	88	50	76

Пример выполнения задания

1. Определяем скорости распространения звука в воздухе $c_1 \dots c_5$ с использованием формулы (1.1). При выполнении расчета в табл. 1.2 выбираем значения температур $t_1 \dots t_5$ в зависимости от номера варианта.

К примеру, даны следующие значения температур $t_1 \dots t_5$:

$$t_1 = 0 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_2 = 20 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_3 = 80 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_4 = 150 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_5 = 450 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тогда скорости распространения звука в воздухе $c_1 \dots c_5$ при температурах $t_1 \dots t_5$ составят:

$$c_1 = 20,1\sqrt{273 + 0} = 332,1 \text{ м/с};$$

$$c_2 = 20,1\sqrt{273 + 20} = 344,1 \text{ м/с};$$

$$c_3 = 20,1\sqrt{273 + 80} = 377,7 \text{ м/с};$$

$$c_4 = 20,1\sqrt{273 + 150} = 413,4 \text{ м/с};$$

$$c_5 = 20,1\sqrt{273 + 450} = 540,5 \text{ м/с}.$$

Делаем вывод, что при увеличении температуры воздуха скорость звука увеличивается. При выбранных параметрах варианта скорость звука составила от 332,1 до 540,5 м/с при изменении температуры воздуха от 0 до 450 °С.

2. Определяем длины звуковых волн $\lambda_1 \dots \lambda_5$ с использованием формулы (1.2). При выполнении расчета в табл. 1.3 выбираем значения частот $f_1 \dots f_5$ в зависимости от номера варианта. Скорости распространения звука в воздухе $c_1 \dots c_5$ принимаем равными значениям, полученным в пункте 1.

К примеру, даны следующие значения частот:

$$f_1 = 20 \text{ Гц};$$

$$f_2 = 200 \text{ Гц};$$

$$f_3 = 1000 \text{ Гц};$$

$$f_4 = 5000 \text{ Гц};$$

$$f_5 = 20\,000 \text{ Гц}.$$

Тогда длины звуковых волн $\lambda_1 \dots \lambda_5$ на частотах $f_1 \dots f_5$ составят:

$$\lambda_1 = \frac{332,1}{20} = 16,61 \text{ м};$$

$$\lambda_2 = \frac{344,1}{200} = 1,72 \text{ м};$$

$$\lambda_3 = \frac{377,7}{1000} = 0,38 \text{ м};$$

$$\lambda_4 = \frac{413,4}{5000} = 0,08 \text{ м};$$

$$\lambda_5 = \frac{540,5}{20000} = 0,03 \text{ м}.$$

Делаем вывод, что при увеличении частоты длина звуковой волны уменьшается. При выбранных параметрах варианта длина звуковой волны составила от 16,61 до 0,03 м при изменении частоты от 20 до 20 000 Гц и скорости звука от 332,1 до 540,5 м/с.

3. Определяем уровни звукового давления $L_{p_1} \dots L_{p_5}$ в дБ на основании значений звукового давления $p_1 \dots p_5$ в Па.

К примеру, даны следующие значения звуковых давлений $p_1 \dots p_5$:

$$p_1 = 0,001 \text{ Па};$$

$$p_2 = 0,3 \text{ Па};$$

$$p_3 = 10 \text{ Па};$$

$$p_4 = 1000 \text{ Па};$$

$$p_5 = 5000 \text{ Па}.$$

Тогда уровни звукового давления $L_{p_1} \dots L_{p_5}$ составят:

$$L_{p_1} = 10 \lg \frac{0,001^2}{(2 \cdot 10^{-5})^2} = 34,0 \text{ дБ};$$

$$L_{p_2} = 10 \lg \frac{0,3^2}{(2 \cdot 10^{-5})^2} = 83,5 \text{ дБ};$$

$$L_{p_3} = 10 \lg \frac{10^2}{(2 \cdot 10^{-5})^2} = 114,0 \text{ дБ};$$

$$L_{p4} = 10 \lg \frac{1000^2}{(2 \cdot 10^{-5})^2} = 154,0 \text{ дБ};$$

$$L_{p5} = 10 \lg \frac{5000^2}{(2 \cdot 10^{-5})^2} = 168,0 \text{ дБ}.$$

4. Переведем значения уровней звукового давления в значения уровней звука с использованием формулы (1.4) и поправочных коэффициентов, представленных в табл. 1.5. Выбираем исходные данные из табл. 1.6.

К примеру, даны следующие значения уровней звукового давления L_p для октавных полос:

$$31,5 \text{ Гц} - L_p = 104 \text{ дБ};$$

$$63 \text{ Гц} - L_p = 95 \text{ дБ};$$

$$125 \text{ Гц} - L_p = 87 \text{ дБ};$$

$$250 \text{ Гц} - L_p = 80 \text{ дБ};$$

$$500 \text{ Гц} - L_p = 75 \text{ дБ};$$

$$1000 \text{ Гц} - L_p = 71 \text{ дБ};$$

$$2000 \text{ Гц} - L_p = 63 \text{ дБ};$$

$$4000 \text{ Гц} - L_p = 57 \text{ дБ};$$

$$8000 \text{ Гц} - L_p = 44 \text{ дБ}.$$

Тогда уровни звука L_{pA} в дБА составят для октавных полос:

$$31,5 \text{ Гц} - L_{pA} = 104 + (-40) = 64 \text{ дБА};$$

$$63 \text{ Гц} - L_{pA} = 95 + (-26) = 69 \text{ дБА};$$

$$125 \text{ Гц} - L_{pA} = 87 + (-16) = 71 \text{ дБА};$$

$$250 \text{ Гц} - L_{pA} = 80 + (-9) = 71 \text{ дБА};$$

$$500 \text{ Гц} - L_{pA} = 75 + (-3) = 72 \text{ дБА};$$

$$1000 \text{ Гц} - L_{pA} = 71 + 0 = 71 \text{ дБА};$$

$$2000 \text{ Гц} - L_{pA} = 63 + 1 = 64 \text{ дБА};$$

$$4000 \text{ Гц} - L_{pA} = 57 + 1 = 58 \text{ дБА};$$

$$8000 \text{ Гц} - L_{pA} = 44 + (-1) = 43 \text{ дБА}.$$

Делаем вывод, что значения поправки частотной характеристики «А» изменяются нелинейно при изменении октавной полосы частот. Наибольшие значения поправки от 9 до 40 дБ сосредоточены в диапазоне октавных полос частот от 31,5 до 250 Гц. При увеличении частоты значения поправки снижаются и в диапазоне октавных полос частот от 500 до 8000 Гц не превышают 3 дБ. Аналогичным

образом изменяется чувствительность уха человека, характеризующаяся низкой чувствительностью в низкочастотном звуковом диапазоне.

5. Выполняем расчет совместного действия нескольких источников с использованием формулы (1.5).

Выбираем значения уровней звука трех совместно действующих источников $L_{A1} \dots L_{A3}$ из табл. 1.7. К примеру, даны следующие значения:

$$L_{A1} = 90 \text{ дБА};$$

$$L_{A2} = 105 \text{ дБА};$$

$$L_{A3} = 74 \text{ дБА}.$$

Тогда суммарный уровень трех совместно действующих источников будет равен:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg(10^{0,1 \cdot 90} + 10^{0,1 \cdot 105} + 10^{0,1 \cdot 74}) = 105,1 \text{ дБА}.$$

Ввиду того, что уровни звука первого и третьего источников существенно ниже (не менее чем на 15 дБА) уровня звука второго источника, их можно не учитывать. Об этом свидетельствует и результат расчета, из которого видно, что максимальное значение уровней звука трех источников при их сложении увеличилось на 0,1 дБА. Таким образом, первым должен быть заглушен второй источник, уровень звука которого составляет 105 дБА.

Рекомендуемая литература

1. Зарубина, Л. П. Защита зданий, сооружений и конструкций от огня и шума : Материалы, технология, инструменты и оборудование : учеб. пособие / Л. П. Зарубина. – 2-е изд. – Москва [и др.] : Инфра-Инженерия, 2021. – 332 с. – URL: znanium.com/catalog/product/1836203 (дата обращения: 22.12.2022). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-9729-0686-4.
2. Диагностика и сертификация металлорежущего оборудования : учеб. пособие / М. П. Козочкин, А. Р. Маслов, Ф. С. Сабиров, А. Н. Порватов. – 2-е изд., испр. – Москва : Инновационное машиностроение, 2021. – 238 с. – (Для вузов). – URL: e.lanbook.com/book/175267 (дата обращения: 12.10.2022). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-907104-73-0.

3. Михаилиди, А. М. Безопасность жизнедеятельности на производстве : учеб. пособие / А. М. Михаилиди. – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 135 с. – URL: www.iprbookshop.ru/100493.html (дата обращения: 02.04.2021). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-4497-0805-2.

**Методические указания по выполнению
самостоятельной работы по теме 1**

Темы письменных работ

1. Расчет скорости распространения звука в воздухе при различных температурах.
2. Расчет длин звуковых волн на различных частотах.
3. Расчет уровней звукового давления (в дБ) на основании значений звукового давления (в Па).
4. Расчет совместного действия нескольких точечных источников шума.

Тема 2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ВИБРАЦИЙ. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ШУМА. ЗВУКОИЗОЛЯЦИЯ И ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЕ

Цель – освоить методы и средства защиты от шума и вибрации.

Задачи

1. Изучить методы и средства защиты от шума и вибрации.
2. Освоить методы снижения шума за счет физических процессов звукоизоляции и звукопоглощения.

Нормативные документы:

- СП 51.13330.2011 «Защита от шума»;
- СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Изучив данную тему, студент должен:

- знать методы и средства защиты от шума и вибрации;
- уметь выполнять расчет звукоизолирующей эффективности стен и перегородок, звукоизолирующего кожуха;
- владеть навыками расчета снижения шума за счет применения акустического экрана.

При освоении темы необходимо:

- освоить учебный материал;
- выполнить практические задания 2, 3, 4;
- оформить и сдать отчеты по практическим заданиям 2, 3, 4.

Практическое занятие 2 Расчет звукоизолирующей эффективности стен и перегородок

Форма проведения – практическая работа.

Вопросы для обсуждения

1. Расчет звукоизолирующей эффективности стен.
2. Расчет звукоизолирующей эффективности перегородок.

Методические указания по проведению занятия

1. Изучить алгоритмы расчета звукоизолирующей эффективности стен и перегородок, проанализировать данные табл. 2.1 и 2.2.
2. Выбрать вариант в соответствии с первой буквой фамилии студента (табл. 2.3).
3. Выбрать исходные данные с использованием табл. 2.4–2.6.
4. Выполнить расчеты звукоизолирующей эффективности стен и перегородок.
5. Заполнить бланк выполнения задания (табл. 2.7 и 2.8) и оформить отчет.

Методические материалы к занятию

Требуемая звукоизолирующая способность ограждающей конструкции согласно СП 23-103-2003 «Проектирование звукоизоляции ограждающих конструкций жилых и общественных зданий» определяется по следующей формуле:

$$R_{\text{тр}} = L_{\text{ш}} - 10 \lg B_{\text{и}} + 10 \lg S - 10 \lg k - L_{\text{доп}}, \text{ дБ}, \quad (2.1)$$

где $L_{\text{ш}}$ – октавный уровень звукового давления в помещении с источником шума на расстоянии 2 м от разделяющего ограждения, дБ; $B_{\text{и}}$ – акустическая постоянная изолируемого помещения, м²; S – площадь разделяющего ограждения, м²; $L_{\text{доп}}$ – допустимый октавный уровень звукового давления, дБ; k – коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля, принимается по табл. 2.1 в зависимости от среднего коэффициента звукопоглощения $\alpha_{\text{ср}}$ в изолируемом помещении.

Для приблизительного определения акустической постоянной изолируемого помещения можно воспользоваться следующей формулой:

$$B_{\text{и}} = \mu \cdot B_{1000}, \quad (2.2)$$

где B_{1000} – постоянная помещения на частоте 1000 Гц; μ – частотный множитель, определяется по табл. 2.2.

Таблица 2.1

Зависимость величины $10 \lg k$ от среднего коэффициента звукопоглощения $\alpha_{\text{ср}}$ в изолируемом помещении

$\alpha_{\text{ср}}$	$10 \lg k$, дБ
0,2	1,0
0,4	2,0
0,5	3,0
0,6	4,0

Таблица 2.2

Зависимость частотного множителя μ от объема помещения V

Объем помещения V , м ³	Среднегеометрическая частота, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Менее 200	0,8	0,75	0,7	0,8	1	1,4	1,8	2,5
От 200 до 1000	0,65	0,62	0,64	0,75	1	1,5	2,4	4,2
Более 1000	0,5	0,5	0,55	0,7	1	1,6	3	6

Постоянная помещения B_{1000} для частоты 1000 Гц в зависимости от объема помещения V определяется следующим способом:

– для помещений без мебели с небольшим количеством людей (металлообрабатывающие цеха, машинные залы, испытательные стенды и т. д.)

$$B_{1000} = V / 20;$$

– для помещений с жесткой мебелью или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью (лаборатории, кабинеты и т. д.)

$$B_{1000} = V / 10;$$

– для помещений с большим количеством людей и мягкой мебелью (рабочие помещения административных зданий, жилые комнаты и т. п.)

$$B_{1000} = V / 6;$$

– для помещений со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен

$$B_{1000} = V / 1,5.$$

Расчет производится в следующем порядке.

1. Определяется номер варианта по табл. 2.3 по первой букве фамилии студента.

Таблица 2.3

Выбор варианта

Номер варианта	Первая буква фамилии	Номер варианта	Первая буква фамилии
1	А	11	М
2	Б	12	Н
3	В	13	О
4	Г	14	П, Ц
5	Д	15	Р, Ч
6	Е	16	С, Ш
7	Ж	17	Т, Щ
8	З	18	У, Э
9	И, К	19	Ф, Ю
10	Л	20	Х, Я

2. Определяются уровни звукового давления в помещении $L_{ш}$ по табл. 2.4.
3. Определяются средний коэффициент звукопоглощения $\alpha_{ср}$ в помещении, его объем V и тип по табл. 2.5.
4. Рассчитывается постоянная помещения B_{1000} для частоты 1000 Гц в зависимости от объема и типа помещения.
5. Рассчитывается постоянная помещения B для октавных полос частот с центрами 63...500 Гц и 2000...8000 Гц с использованием табл. 2.2.
6. Определяется площадь разделяющего ограждения S по табл. 2.5.
7. Определяется величина $10 \lg k$ в зависимости от среднего коэффициента звукопоглощения $\alpha_{ср}$ по табл. 2.1.
8. Определяются допустимые уровни звукового давления $L_{доп}$ по табл. 2.6.
9. Рассчитывается требуемая звукоизолирующая способность $R_{тр}$ ограждающей конструкции по формуле (2.1). Если в результате

расчета получены отрицательные значения, то увеличение звуко-изоляции ограждающей конструкции не требуется.

10. Результаты проведенных расчетов заносятся в формы табл. 2.7 и 2.8.

Таблица 2.4

Уровни звукового давления в помещении $L_{ш}$

Октавные полосы частот с центра- ми, Гц	Уровень звукового давления $L_{ш}$, дБ, по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
63	81	112	75	85	86	99	103	103	98	105
125	81	106	75	82	81	92	96	96	90	95
250	88	102	87	86	88	86	91	91	85	91
500	91	99	95	91	91	83	88	88	86	87
1000	90	97	94	77	90	80	85	85	87	85
2000	83	95	89	75	83	78	83	83	82	86
4000	82	93	81	70	83	76	81	81	81	85
8000	78	92	79	66	78	75	80	85	79	85

Окончание табл. 2.4

Октавные полосы частот с центра- ми, Гц	Уровень звукового давления $L_{ш}$, дБ, по вариантам									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
63	95	92	92	93	115	115	112	114	112	111
125	93	81	86	88	112	105	104	109	106	107
250	87	88	86	82	94	96	105	107	95	102
500	95	91	86	83	97	98	103	104	103	98
1000	94	90	85	88	99	92	101	112	101	97
2000	89	83	79	83	95	98	100	102	94	95
4000	81	82	80	82	105	90	98	107	93	101
8000	79	78	81	84	98	90	95	105	86	95

Таблица 2.5

Исходные данные для выполнения расчета

Параметр	Вариант задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Средний коэффициент звукопоглощения в помещении $\alpha_{ср}$	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Объем помещения $V, м^3$	53	255	550	870	30	1200	90	620	188	452
Площадь разделяющего ограждения $S, м^2$	8	24	21	15	2	52	34	28	14	12
Тип помещения	Без мебели с небольшим количеством людей				С жесткой мебелью или с небольшим количеством людей и мягкой мебелью					
Параметр	Вариант задания									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Средний коэффициент звукопоглощения в помещении $\alpha_{ср}$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Объем помещения $V, м^3$	2840	20	3420	36	750	95	173	290	120	285
Площадь разделяющего ограждения $S, м^2$	42	4	196	15	10	6	18	22	36	24
Тип помещения	С большим количеством людей и мягкой мебелью				Со звукопоглощающей облицовкой потолка и части стен					

Таблица 2.6

Допустимые уровни звукового давления $L_{\text{доп}}$ в различных производственных помещениях

Вариант	Помещение или территория	Уровни звукового давления $L_{\text{доп}}$, дБ, в октавных полосах частот, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1...3	Помещения конструкторских бюро, расчетчиков, программистов, лабораторий обработки данных и приема больных	71	61	54	49	45	42	40	38
4...7	Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	63	58	55	52	50	49
8...10	Кабины наблюдения и дистанционного управления	94	87	82	78	75	73	71	70
11...13	Помещения и участки точной сборки	83	74	68	63	60	57	55	54
14...16	Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ, помещения для размещения шумных агрегатов вычислительных машин	94	87	82	78	75	73	71	70
17...20	Постоянные рабочие места и рабочие зоны в производственных помещениях и на территории предприятий	99	92	86	83	80	78	76	74

Таблица 2.7

Форма 1 для выполнения задания 2

Параметр	Ссылка	Значение параметра
Средний коэффициент звукопоглощения $\alpha_{\text{ср}}$ в помещении, усл. ед.	Табл. 2.5	
Объем помещения V , м ³	Табл. 2.5	
Тип помещения	Табл. 2.5	
Постоянная помещения B_{1000} для частоты 1000 Гц, м ²	Табл. 2.2	
Площадь разделяющего ограждения S , м ²	Табл. 2.5	
Величина $10 \lg k$	Табл. 2.1	

Таблица 2.8

Форма 2 для выполнения задания 2

Параметр	Ссылка	Октавные полосы частот с центрами, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровни звукового давления в помещении $L_{\text{ш}}$, дБ	Табл. 2.4								
Постоянная помещения B , м ²	Табл. 2.2								
Допустимые уровни звукового давления $L_{\text{доп}}$, дБ	Табл. 2.6								
Требуемая звукоизолирующая способность $R_{\text{тр}}$, дБ	Формула (2.1)								

Пример выполнения задания

1. Определяем уровни звукового давления в помещении $L_{ш}$ по табл. 2.4 исходя из варианта (табл. 2.3).

Определенные значения составили: 63 Гц – 122 дБ; 125 Гц – 126 дБ; 250 Гц – 111 дБ; 500 Гц – 107 дБ; 1000 Гц – 113 дБ; 2000 Гц – 119 дБ; 4000 Гц – 120 дБ; 8000 Гц – 101 дБ.

2. Определяем средний коэффициент звукопоглощения $\alpha_{ср}$ в помещении, его объем V и тип по табл. 2.5.

Получены следующие значения параметров:

$$\alpha_{ср} = 0,5;$$

$$V = 740 \text{ м}^3;$$

$$S = 25 \text{ м}^2;$$

тип помещения – с большим количеством людей и мягкой мебелью.

3. Рассчитываем постоянную помещения B_{1000} для частоты 1000 Гц в зависимости от объема и типа помещения.

Ввиду того, что в выбранном варианте представлено помещение с большим количеством людей и мягкой мебелью, выбираем для расчета формулу

$$B_{1000} = V / 6, \text{ м}^2.$$

Рассчитанное значение составило:

$$B_{1000} = 740 / 6 = 123,3 \text{ м}^2.$$

4. Рассчитываем постоянную помещения $B_{и}$ для октавных полос частот с центрами 63...500 и 2000...8000 Гц с использованием табл. 2.2 и формулы (2.2).

Ввиду того, что объем помещения V попадает в диапазон от 200 до 1000 м³, выбираем множители μ из второй строки табл. 2.2. Расчет производим по формуле (2.2) для октавных полос:

$$63 \text{ Гц} - B_{и} = \mu \cdot B_{1000} = 0,65 \cdot 123,3 = 80,2 \text{ м}^2;$$

$$125 \text{ Гц} - B_{и} = \mu \cdot B_{1000} = 0,62 \cdot 123,3 = 76,5 \text{ м}^2;$$

$$250 \text{ Гц} - B_{и} = \mu \cdot B_{1000} = 0,64 \cdot 123,3 = 78,9 \text{ м}^2;$$

$$500 \text{ Гц} - B_{и} = \mu \cdot B_{1000} = 0,75 \cdot 123,3 = 92,5 \text{ м}^2;$$

$$2000 \text{ Гц} - B_{и} = \mu \cdot B_{1000} = 1,5 \cdot 123,3 = 185,0 \text{ м}^2;$$

$$4000 \text{ Гц} - B_{\text{и}} = \mu \cdot B_{1000} = 2,4 \cdot 123,3 = 295,9 \text{ м}^2;$$

$$8000 \text{ Гц} - B_{\text{и}} = \mu \cdot B_{1000} = 4,2 \cdot 123,3 = 517,9 \text{ м}^2.$$

5. Определяем площадь разделяющего ограждения S по табл. 2.5. К примеру, в выбранном варианте $S = 25 \text{ м}^2$.

Определяем величину $10 \lg k$ в зависимости от среднего коэффициента звукопоглощения $\alpha_{\text{ср}}$ по табл. 2.1. Так как в выбранном варианте $\alpha_{\text{ср}} = 0,5$ у. е., то величина $10 \lg k$ будет равна 3,0 дБ.

6. Определяем допустимые уровни звукового давления $L_{\text{доп}}$ по табл. 2.6.

Допустим, что выбранный вариант 20. Таким образом, территория предназначена для размещения постоянных рабочих мест и рабочих зон в производственных помещениях. При этом допустимые уровни звукового давления $L_{\text{доп}}$ составят для октавных полос:

$$63 \text{ Гц} - L_{\text{доп}} = 122 \text{ дБ};$$

$$125 \text{ Гц} - L_{\text{доп}} = 126 \text{ дБ};$$

$$250 \text{ Гц} - L_{\text{доп}} = 111 \text{ дБ};$$

$$500 \text{ Гц} - L_{\text{доп}} = 107 \text{ дБ};$$

$$1000 \text{ Гц} - L_{\text{доп}} = 113 \text{ дБ};$$

$$2000 \text{ Гц} - L_{\text{доп}} = 119 \text{ дБ};$$

$$4000 \text{ Гц} - L_{\text{доп}} = 120 \text{ дБ};$$

$$8000 \text{ Гц} - L_{\text{доп}} = 101 \text{ дБ}.$$

7. Рассчитываем требуемую звукоизолирующую способность $R_{\text{тр}}$ ограждающей конструкции по формуле (2.1).

В результате проведенных расчетов определили следующие значения требуемой звукоизолирующей способности $R_{\text{тр}}$ для октавных полос:

$$63 \text{ Гц} - R_{\text{тр}} = 122 - 10 \lg 80,2 + 10 \lg 25 - 3 - 99 = 14,94 \text{ дБ};$$

$$125 \text{ Гц} - R_{\text{тр}} = 126 - 10 \lg 76,5 + 10 \lg 25 - 3 - 92 = 26,14 \text{ дБ};$$

$$250 \text{ Гц} - R_{\text{тр}} = 111 - 10 \lg 78,9 + 10 \lg 25 - 3 - 86 = 17,01 \text{ дБ};$$

$$500 \text{ Гц} - R_{\text{тр}} = 107 - 10 \lg 92,5 + 10 \lg 25 - 3 - 83 = 15,32 \text{ дБ};$$

$$1000 \text{ Гц} - R_{\text{тр}} = 113 - 10 \lg 123,3 + 10 \lg 25 - 3 - 80 = 23,07 \text{ дБ};$$

$$2000 \text{ Гц} - R_{\text{тр}} = 119 - 10 \lg 185 + 10 \lg 25 - 3 - 78 = 29,31 \text{ дБ};$$

$$4000 \text{ Гц} - R_{\text{тр}} = 120 - 10 \lg 295,9 + 10 \lg 25 - 3 - 76 = 30,27 \text{ дБ};$$

$$8000 \text{ Гц} - R_{\text{тр}} = 101 - 10 \lg 517,9 + 10 \lg 25 - 3 - 74 = 10,84 \text{ дБ}.$$

8. Результаты проведенных расчетов заносим в формы табл. 2.7 и 2.8.

Таблица 2.7

Пример заполнения формы 1

Параметр	Ссылка	Значение параметра
$\alpha_{\text{ср}}$, у. е.	Табл. 2.5	0,5
V , м ³	Табл. 2.5	740
Тип помещения	Табл. 2.5	С большим количеством людей и мягкой мебелью
B_{1000} , м ₂	Табл. 2.2	123,3
S , м ²	Табл. 2.5	25
Величина $10 \lg k$	Табл. 2.1	3,0

Таблица 2.8

Пример заполнения формы 2

Параметр	Октавные полосы частот с центрами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{\text{ш}}$, дБ	122	126	111	107	113	119	120	101
B , м ²	80,2	76,5	78,9	92,5	123,3	185,0	295,9	517,9
$L_{\text{доп}}$, дБ	99	92	86	83	80	78	76	74
$R_{\text{тр}}$, дБ	14,94	26,14	17,01	15,32	23,07	29,31	30,27	10,84

Рекомендуемая литература

1. Зарубина, Л. П. Защита зданий, сооружений и конструкций от огня и шума : Материалы, технология, инструменты и оборудование : учеб. пособие / Л. П. Зарубина. – 2-е изд. – Москва [и др.] : Инфра-Инженерия, 2021. – 332 с. – URL: znanium.com/catalog/product/1836203 (дата обращения: 22.12.2022). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-9729-0686-4.
2. Диагностика и сертификация металлорежущего оборудования : учеб. пособие / М. П. Козочкин, А. Р. Маслов, Ф. С. Сабиров,

А. Н. Порватов. – 2-е изд., испр. – Москва : Инновационное машиностроение, 2021. – 238 с. – (Для вузов). – URL: e.lanbook.com/book/175267 (дата обращения: 12.10.2022). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-907104-73-0.

3. Михайлиди, А. М. Безопасность жизнедеятельности на производстве : учеб. пособие / А. М. Михайлиди. – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 135 с. – URL: www.iprbookshop.ru/100493.html (дата обращения: 02.04.2021). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-4497-0805-2.

Практическое занятие 3

Расчет звукоизолирующего кожуха

Форма проведения – практическая работа.

Вопросы для обсуждения

1. Оценка необходимости снижения уровня шума работающей машины.
2. Требуемая звукоизоляция кожуха.
3. Звукоизоляция граней кожуха.

Методические указания по проведению занятия

1. Изучить алгоритмы расчета звукоизолирующей эффективности кожуха.
2. Выбрать вариант в соответствии с первой буквой фамилии студента (табл. 3.1).
3. Выбрать исходные данные для расчета по табл. 3.2–3.7.
4. Выполнить расчеты звукоизолирующей эффективности кожуха.
5. Заполнить бланки выполнения практического задания (табл. 3.8 и 3.9) и оформить отчет.

Методические материалы к занятию

Расчет производится в следующем порядке.

1. Определяется номер варианта по табл. 3.1 исходя из первой буквы фамилии студента.

2. Определяются габариты машины (источника шума) по табл. 3.2.

3. Определяется тип производственного помещения исходя из номера варианта по табл. 3.3.

4. Определяются октавные уровни звукового давления в расчетной точке от одиночно работающей изолируемой машины исходя из номера варианта (табл. 3.4).

5. Оценивается необходимость снижения уровней шума работающей машины путем сравнения октавных уровней звукового давления в расчетной точке (табл. 3.4) с допустимыми уровнями звукового давления $L_{\text{доп}}$ (табл. 3.5).

6. В соответствии с габаритными размерами машины выбирают габаритные размеры звукоизолирующего кожуха.

7. Рассчитывается площадь воображаемой поверхности, вплотную окружающей источник шума:

$$S_{\text{и}} = l_{\text{и}} \cdot h_{\text{и}} \cdot 2 + a_{\text{и}} \cdot h_{\text{и}} \cdot 2 + l_{\text{и}} \cdot a_{\text{и}}, \text{ м}^2, \quad (3.1)$$

где $l_{\text{и}}$, $h_{\text{и}}$, $a_{\text{и}}$ – соответственно длина, высота и ширина воображаемой поверхности, вплотную окружающей источник шума, м.

8. Рассчитывается площадь поверхности кожуха:

$$S_{\text{к}} = l_{\text{к}} \cdot h_{\text{к}} \cdot 2 + a_{\text{к}} \cdot h_{\text{к}} \cdot 2 + l_{\text{к}} \cdot a_{\text{к}}, \text{ м}^2, \quad (3.2)$$

где $l_{\text{к}}$, $h_{\text{к}}$, $a_{\text{к}}$ – соответственно длина, высота и ширина кожуха, м.

9. Рассчитывается требуемая звукоизоляция кожуха:

$$R_{\text{к-тр}} = L_{\text{р}} - L_{\text{доп}} + 5, \text{ дБ}, \quad (3.3)$$

где $L_{\text{р}}$ – октавный уровень звукового давления в расчетной точке от одиночно работающей изолируемой машины, дБ; $L_{\text{доп}}$ – допустимый (в соответствии с табл. 3.5) уровень звукового давления в расчетной точке, дБ.

10. Рассчитывается требуемая звукоизоляция граней кожуха:

$$R_{\text{г-тр}} = R_{\text{к-тр}} + 10 \lg S_{\text{к}}/S_{\text{и}}, \text{ дБ}. \quad (3.4)$$

11. Определяется звукоизоляция граней по табл. 3.6 (выбранные в п. 6 могут округляться до ближайших значений, представленных в таблице). При выборе необходимо руководствоваться правилом, что звукоизоляция каждой грани должна быть не ниже значений $R_{г_гр}$, рассчитанных по формуле (3.4).

12. Если выбранные грани обеспечивают требуемую величину звукоизоляции, то необходимо завершить расчет и перейти к п. 15.

Если выбранные грани не обеспечивают требуемую величину звукоизоляции, то для ее увеличения необходимо применить облицовку граней кожуха изнутри звукопоглощающим материалом. При этом необходимо продолжить расчет.

13. В случае если звукоизоляция граней $R_{к_i}$ меньше значений $R_{г_гр}$, то производится определение дополнительной звукоизоляции граней $\Delta R_{обл_1}$ и $\Delta R_{обл_2}$ при использовании облицовки из звукопоглощающего материала. Дополнительная звукоизоляция стенки кожуха, получаемая при использовании звукопоглощающей облицовки, зависит от размера грани кожуха. Для упрощения выполнения расчетов примем материал облицовки – супертонкое стеклянное или базальтовое волокно толщиной 30...50 мм (плотность 20 кг/м³). Приближенную оценку дополнительной звукоизоляции грани можно выполнить по табл. 3.7. Если максимальный размер грани кожуха больше 1 м, но меньше 2 м, то берутся промежуточные значения табл. 3.7.

14. Рассчитывается звукоизоляция граней кожуха с учетом наличия звукопоглощающей облицовки $R'_{г_i}$:

$$R'_{г_i} = R_{г_i} + \Delta R_{обл}. \quad (3.5)$$

15. Звукоизоляция граней кожуха, включающих звукопоглощающую облицовку $R'_{г_i}$, сравнивается с требуемой звукоизоляцией граней $R_{г_гр}$.

16. Результаты расчетов заносятся в формы табл. 3.8 и 3.9.

Таблица 3.1

Выбор варианта

Номер варианта	Первая буква фамилии	Номер варианта	Первая буква фамилии
1	А	11	М
2	Б	12	Н
3	В	13	О
4	Г	14	П, Ц
5	Д	15	Р, Ч
6	Е	16	С, Ш
7	Ж	17	Т, Щ
8	З	18	У, Э
9	И, К	19	Ф, Ю
10	Л	20	Х, Я

Таблица 3.2

Габариты машины (источника шума)

Геометрические параметры	Габариты машины, в м, для варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина $l_{и}$	0,3	1,4	1,8	2,0	2,3	0,2	2,8	3,2	3,5	3,8
Ширина $a_{и}$	0,3	1,1	1,1	1,5	1,5	0,4	1,7	2,0	3,2	3,5
Высота $h_{и}$	1,0	1,6	2,5	2,0	1,8	1,8	2,6	3,0	3,2	4,0

Окончание табл. 3.2

Геометрические параметры	Габариты машины, в м, для варианта									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Длина $l_{и}$	4,3	3,8	0,8	3,8	3,4	2,7	2,9	3,0	2,2	3,5
Ширина $a_{и}$	2,0	1,8	0,6	3,5	2,0	2,5	2,2	2,8	1,5	3,2
Высота $h_{и}$	3,2	2,8	1,6	1,2	2,5	2,4	2,6	3,5	4,0	3,7

Таблица 3.3

Тип производственного помещения в зависимости
от выбранного варианта задания

№ варианта	Помещение или территория
1	Помещение конструкторских бюро
2	Помещение расчетчиков
3	Помещение программистов
4	Помещение лабораторий обработки данных
5	Помещение приема больных
6	Помещение управления
7	Рабочая комната
8	Кабина наблюдения
9	Кабина дистанционного управления
10	Помещение точной сборки
11	Помещение лаборатории для проведения экспериментальных работ
12	Помещение для размещения шумных агрегатов вычислительных машин
13	Постоянные рабочие места в производственных помещениях
14	Рабочие зоны в производственных помещениях
15	Рабочие зоны на территории предприятий
16	Помещение лабораторий обработки данных
17	Помещение приема больных
18	Помещение управления
19	Рабочая комната
20	Кабина наблюдения

Таблица 3.4

Октавные уровни звуковых давлений L_p работающей машины

Октавные полосы ча- стот с цен- трами, Гц	Уровень звукового давления L_p , дБ, по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
63	81	112	68	75	71	99	103	103	81	91
125	81	106	75	82	81	92	96	96	82	85
250	88	102	87	86	88	86	91	91	85	81
500	91	99	95	91	91	83	88	88	86	77
1000	90	97	94	77	90	80	85	85	87	75
2000	83	95	89	75	83	78	83	83	82	73
4000	82	93	81	70	83	76	81	81	81	71
8000	78	92	79	66	78	75	80	80	79	70

Окончание табл. 3.4

Октавные полосы ча- стот с цен- трами, Гц	Уровень звукового давления L_p , дБ, по вариантам									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
63	68	71	92	83	95	75	90	102	112	77
125	75	81	86	79	92	110	75	99	106	75
250	87	88	86	82	94	56	85	97	85	70
500	95	91	86	83	97	48	83	95	83	66
1000	94	90	85	88	99	42	81	93	81	71
2000	89	83	79	83	95	32	80	92	80	73
4000	81	82	80	82	85	36	78	102	75	68
8000	79	78	81	84	70	40	75	99	70	40

Таблица 3.5

Допустимые уровни звукового давления $L_{\text{доп}}$ в различных производственных помещениях

№ п/п	Помещение или территория	$L_{\text{доп}}$ в дБ, в октавных полосах частот, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Помещения конструкторских бюро, расчетчиков, программистов, лабораторий обработки данных и приема больных	71	61	54	49	45	42	40	38
2	Помещения управления, рабочие комнаты	79	70	63	58	55	52	50	49
3	Кабины наблюдения и дистанционного управления	94	87	82	78	75	73	71	70
4	Помещения и участки точной сборки	83	74	68	63	60	57	55	54
5	Помещения лабораторий для проведения экспериментальных работ; помещения для размещения агрегатов вычислительных машин	94	87	82	78	75	73	71	70
6	Постоянные рабочие места в производственных помещениях и на территории предприятий	99	92	86	83	80	78	76	74

Таблица 3.6

Звукоизоляция граней кожуха $R_{z,j}$ из стальных пластин различных габаритных размеров

Октавные полосы частот, Гц	Звукоизоляция стальных пластин (толщина 1,5...2,0 мм) в дБ, для габаритных размеров, в м									
	0,5×0,5	1,0×1,0	2,0×2,0	3,0×3,0	4,0×4,0	4,0×2,0	3,0×1,5	2,0×1,0	1,0×0,5	
63	28	27	26	20	22	28	25	22	27	
125	30	29	23	25	26	25	32	30	28	
250	31	25	28	30	32	30	30	28	31	
500	28	30	33	35	36	35	34	32	30	
1000	32	35	40	40	42	40	39	37	34	
2000	38	41	44	45	47	45	42	42	40	
4000	40	44	46	49	50	48	46	43	41	
8000	30	30	30	30	30	31	31	31	31	

Таблица 3.7

Дополнительная звукоизоляция грани кожуха $\Delta R_{\text{обл.}i}$
при использовании звукопоглощающей облицовки
из супертонкого стеклянного или базальтового волокна
толщиной 30...50 мм (плотность 20 кг/м³)

№ п/п	Максимальные размеры грани кожуха	Дополнительная звукоизоляция грани кожуха $\Delta R_{\text{обл.}i}$, в дБ, для октавной полосы частот, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Менее или равны 1 метру	0	2	3	5	7	8	8	10
2	Более или рав- ный 2 метрам	2	3	4	7	12	17	20	22

Таблица 3.8

Форма 1 для выполнения задания 3

Наименование параметра	Ссылка	Длина $l_{\text{и}}, l_{\text{к}}, \text{м}$	Высота $h_{\text{и}}, h_{\text{к}}, \text{м}$	Ширина $a_{\text{и}}, a_{\text{к}}, \text{м}$
Габариты маши- ны (источника шума)	Табл. 3.2			
Габариты звуко- изолирующего кожуха	П. 6			

Таблица 3.9

Форма 2 для выполнения задания 3

Наименование параметра	Октавные полосы частот с центрами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Уровни звукового давления, создаваемые машинной L_p , дБ								
Допустимые уровни звукового давления $L_{доп}$, дБ								
Требуемая звукоизоляция $R_{к_тр}$, дБ								
Требуемая звукоизоляция граней $R_{г_тр}$, дБ								
Звукоизоляция граней $R_{г_1}$, дБ								
Звукоизоляция граней $R_{г_2}$, дБ								
Дополнительная звукоизоляция первой грани $\Delta R_{обл_1}$, дБ								
Дополнительная звукоизоляция второй грани $\Delta R_{обл_2}$, дБ								
Звукоизоляция первой грани облицовки $R'_{г_1}$, дБ								
Звукоизоляция второй грани облицовки $R'_{г_2}$, дБ								

Пример выполнения задания

1. Определяем габариты работающей машины (источника шума) и тип производственного помещения, в котором она расположена. Исходя из варианта (табл. 3.1) выбираем исходные данные по табл. 3.2 и 3.3.

Выбранные габариты машины:

длина $l_{и} = 1,6$ м,

ширина $a_{и} = 0,7$ м,

высота $h_{и} = 1,5$ м.

Тип производственного помещения: помещения и участки точной сборки.

2. Определяем октавные уровни звукового давления в расчетной точке по табл. 3.4.

Определенные значения составили: 63 Гц – 81 дБ; 125 Гц – 81 дБ; 250 Гц – 88 дБ; 500 Гц – 91 дБ; 1000 Гц – 90 дБ; 2000 Гц – 83 дБ; 4000 Гц – 82 дБ; 8000 Гц – 78 дБ.

3. Оцениваем необходимость снижения уровней шума работающей машины, сравнивая октавные уровни звукового давления в расчетной точке (табл. 3.4) с допустимыми уровнями звукового давления $L_{доп}$ (табл. 3.5).

Как следует из сравнения, уровни звукового давления в расчетной точке превышают допустимые значения в диапазоне частот 125...8000 Гц. Таким образом, можно сделать вывод, что есть необходимость в снижении уровней шума работающей машины.

4. Выбираем габаритные размеры звукоизолирующего кожуха таким образом, чтобы размеры граней превышали габариты работающей машины. Для этого используем стандартные размеры, представленные в табл. 3.6.

Выбранные размеры граней:

– две боковые грани $2,0 \times 2,0$ м;

– две боковые грани $2,0 \times 1,0$ м;

– одна верхняя грань $2,0 \times 1,0$ м.

5. Рассчитываем площадь воображаемой поверхности, вплотную окружающей источник шума, используя формулу (3.1):

$$\begin{aligned} S_{и} &= l_{и} \cdot h_{и} \cdot 2 + a_{и} \cdot h_{и} \cdot 2 + l_{и} \cdot a_{и} = \\ &= 1,6 \cdot 1,5 \cdot 2 + 0,7 \cdot 1,5 \cdot 2 + 1,6 \cdot 0,7 = 8,02 \text{ м}^2. \end{aligned}$$

6. Рассчитываем площадь поверхности кожуха, используя формулу (3.2) и выбранные размеры граней:

$$\begin{aligned} S_{к} &= l_{к} \cdot h_{к} \cdot 2 + a_{к} \cdot h_{к} \cdot 2 + l_{к} \cdot a_{к} = \\ &= 2 \cdot 2 \cdot 2 + 1 \cdot 2 \cdot 2 + 2 \cdot 1 = 14 \text{ м}^2. \end{aligned}$$

7. Рассчитываем требуемую звукоизоляцию кожуха, используя формулу (3.3) для каждой из частот октавных полос:

$$\begin{aligned} 63 \text{ Гц} - R_{к_тр} &= 81 - 83 + 5 = 3 \text{ дБ}; \\ 125 \text{ Гц} - R_{к_тр} &= 81 - 74 + 5 = 10 \text{ дБ}; \\ 250 \text{ Гц} - R_{к_тр} &= 88 - 68 + 5 = 25 \text{ дБ}; \\ 500 \text{ Гц} - R_{к_тр} &= 91 - 63 + 5 = 33 \text{ дБ}; \\ 1000 \text{ Гц} - R_{к_тр} &= 90 - 60 + 5 = 35 \text{ дБ}; \\ 2000 \text{ Гц} - R_{к_тр} &= 83 - 57 + 5 = 31 \text{ дБ}; \\ 4000 \text{ Гц} - R_{к_тр} &= 82 - 55 + 5 = 32 \text{ дБ}; \\ 8000 \text{ Гц} - R_{к_тр} &= 78 - 54 + 5 = 29 \text{ дБ}. \end{aligned}$$

8. Рассчитываем требуемую звукоизоляцию граней кожуха, используя формулу (3.4) для каждой из частот октавных полос:

$$\begin{aligned} 63 \text{ Гц} - R_{г_тр} &= 3 + 10 \lg \left(\frac{14}{8,02} \right) = 5,42 \text{ дБ}; \\ 125 \text{ Гц} - R_{г_тр} &= 10 + 10 \lg \left(\frac{14}{8,02} \right) = 12,42 \text{ дБ}; \\ 250 \text{ Гц} - R_{г_тр} &= 25 + 10 \lg \left(\frac{14}{8,02} \right) = 27,42 \text{ дБ}; \\ 500 \text{ Гц} - R_{г_тр} &= 33 + 10 \lg \left(\frac{14}{8,02} \right) = 35,42 \text{ дБ}; \\ 1000 \text{ Гц} - R_{г_тр} &= 35 + 10 \lg \left(\frac{14}{8,02} \right) = 37,42 \text{ дБ}; \\ 2000 \text{ Гц} - R_{г_тр} &= 31 + 10 \lg \left(\frac{14}{8,02} \right) = 33,42 \text{ дБ}; \\ 4000 \text{ Гц} - R_{г_тр} &= 32 + 10 \lg \left(\frac{14}{8,02} \right) = 34,42 \text{ дБ}; \\ 8000 \text{ Гц} - R_{г_тр} &= 29 + 10 \lg \left(\frac{14}{8,02} \right) = 31,42 \text{ дБ}. \end{aligned}$$

9. Выбираем материал для изготовления граней кожуха с использованием данных табл. 3.6.

Выбраны стальные пластины толщиной 1,5 мм. Однако выбранный материал стенок граней не обеспечивает требуемую величину звукоизоляции. Для увеличения звукоизоляции применим облицовку граней кожуха изнутри звукопоглощающим материалом.

10. Определяем дополнительную звукоизоляцию граней $\Delta R_{\text{обл}_1}$ и $\Delta R_{\text{обл}_2}$ при использовании облицовки из звукопоглощающего материала — супертонкого стеклянного или базальтового волокна толщиной 30...50 мм (плотность 20 кг/м³). Приближенную оценку дополнительной звукоизоляции граней выполняем по табл. 3.7.

Таким образом, для граней 1×1 м максимальный размер равен 1 м, следовательно, значения дополнительной звукоизоляции граней кожуха могут быть приняты из верхней строки для октавных полос:

63 Гц – 0 дБ;

125 Гц – 2 дБ;

250 Гц – 3 дБ;

500 Гц – 5 дБ;

1000 Гц – 7 дБ;

2000 Гц – 8 дБ;

4000 Гц – 8 дБ;

8000 Гц – 10 дБ.

Таким образом, для граней 2×1 м максимальный размер равен 2 м, следовательно, значения дополнительной звукоизоляции граней кожуха могут быть приняты из нижней строки для октавных полос:

63 Гц – 2 дБ;

125 Гц – 3 дБ;

250 Гц – 4 дБ;

500 Гц – 7 дБ;

1000 Гц – 12 дБ;

2000 Гц – 17 дБ;

4000 Гц – 20 дБ;

8000 Гц – 22 дБ.

11. Рассчитываем звукоизоляцию граней кожуха с учетом наличия звукопоглощающей облицовки $R'_{г,i}$:

Для граней 1×1 м получены следующие значения в октавных полосах:

$$\begin{aligned}63 \text{ Гц} - R'_{г,1} &= 27 + 0 = 27 \text{ дБ}; \\125 \text{ Гц} - R'_{г,1} &= 29 + 2 = 31 \text{ дБ}; \\250 \text{ Гц} - R'_{г,1} &= 25 + 3 = 28 \text{ дБ}; \\500 \text{ Гц} - R'_{г,1} &= 30 + 5 = 35 \text{ дБ}; \\1000 \text{ Гц} - R'_{г,1} &= 35 + 7 = 42 \text{ дБ}; \\2000 \text{ Гц} - R'_{г,1} &= 41 + 8 = 49 \text{ дБ}; \\4000 \text{ Гц} - R'_{г,1} &= 44 + 8 = 52 \text{ дБ}; \\8000 \text{ Гц} - R'_{г,1} &= 30 + 10 = 40 \text{ дБ}.\end{aligned}$$

Для граней 2×1 м получены следующие значения в октавных полосах:

$$\begin{aligned}63 \text{ Гц} - R'_{г,2} &= 22 + 2 = 24 \text{ дБ}; \\125 \text{ Гц} - R'_{г,2} &= 30 + 3 = 33 \text{ дБ}; \\250 \text{ Гц} - R'_{г,2} &= 28 + 4 = 32 \text{ дБ}; \\500 \text{ Гц} - R'_{г,2} &= 32 + 7 = 39 \text{ дБ}; \\1000 \text{ Гц} - R'_{г,2} &= 37 + 12 = 49 \text{ дБ}; \\2000 \text{ Гц} - R'_{г,2} &= 42 + 17 = 59 \text{ дБ}; \\4000 \text{ Гц} - R'_{г,2} &= 43 + 20 = 63 \text{ дБ}; \\8000 \text{ Гц} - R'_{г,2} &= 31 + 22 = 53 \text{ дБ}.\end{aligned}$$

12. Сравниваем звукоизоляцию граней кожуха, включающих звукопоглощающую облицовку $R'_{г,i}$, с требуемой звукоизоляцией граней кожуха $R_{г,тр}$.

Делаем вывод, что звукоизоляция граней кожуха, включающих звукопоглощающую облицовку из супертонкого стеклянного или базальтового волокна толщиной 30...50 мм (плотность 20 кг/м³), обеспечивает достижение требуемой звукоизоляции в октавных полосах частот 63...8000 Гц. Однако для граней размером 1×1 м в октавной полосе частот 500 Гц отмечено недостижение требуемого значения 35,42 дБ на 0,42 дБ, что является несущественным (не превышает 0,5 дБ).

13. Результаты проведенных расчетов заносим в формы табл. 3.8 и 3.9.

Пример заполнения формы табл. 3.8

Наименование параметра	Ссылка	Длина $l_{и}, l_{к}, м$	Высота $h_{и}, h_{к}, м$	Ширина $a_{и}, a_{к}, м$
Габариты машины (источника шума)	Табл. 3.2	1,6	1,5	0,7
Габариты звуко-изолирующего кожуха	П. 6	2,0	2,0	1,0

Пример заполнения формы табл. 3.9

Наименование параметра	Октавные полосы частот с центрами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
L_p , дБ	81	81	88	91	90	83	82	78
$L_{доп}$, дБ	83	74	68	63	60	57	55	54
$R_{к_тр}$, дБ	3	10	25	33	35	31	32	29
$R_{г_тр}$, дБ	5,4	12,4	27,4	35,4	37,4	33,4	34,4	31,4
$R_{г_1}$, дБ	27	29	25	30	35	41	44	30
$R_{г_2}$, дБ	22	30	28	32	37	42	43	31
$\Delta R_{обл_1}$, дБ	0	2	3	5	7	8	8	10
$\Delta R_{обл_2}$, дБ	2	3	4	7	12	17	20	22
$R'_{г_1}$, дБ	27	31	28	35	42	49	52	40
$R'_{г_2}$, дБ	27	33	32	39	49	59	63	53

Рекомендуемая литература

1. Зарубина, Л. П. Защита зданий, сооружений и конструкций от огня и шума : Материалы, технология, инструменты и оборудование : учеб. пособие / Л. П. Зарубина. – 2-е изд. – Москва [и др.] : Инфра-Инженерия, 2021. – 332 с. – URL: znanium.com/catalog/product/1836203 (дата обращения: 22.12.2022). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-9729-0686-4.

2. Диагностика и сертификация металлорежущего оборудования : учеб. пособие / М. П. Козочкин, А. Р. Маслов, Ф. С. Сабиров, А. Н. Порватов. – 2-е изд., испр. – Москва : Инновационное машиностроение, 2021. – 238 с. – (Для вузов). – URL: e.lanbook.com/book/175267 (дата обращения: 12.10.2022). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-907104-73-0.
3. Михаилиди, А. М. Безопасность жизнедеятельности на производстве : учеб. пособие / А. М. Михаилиди. – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 135 с. – URL: www.iprbookshop.ru/100493.html (дата обращения: 02.04.2021). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-4497-0805-2.

Практическое занятие 4

Расчет снижения шума за счет применения акустического экрана

Форма проведения – практическая работа.

Вопросы для обсуждения

4. Эффективность снижения шума акустическим экраном.
5. Допустимые уровни звукового давления согласно СанПиН 1.2.3685-21.
6. Критерий затухания звука.

Методические указания по проведению занятия

1. Изучить алгоритмы расчета снижения шума за счет применения акустического экрана, проанализировать табл. 4.1.
2. Выбрать вариант в соответствии с первой буквой фамилии студента (табл. 4.2).
3. Выбрать исходные данные для проведения расчета с использованием табл. 4.3–4.5.
4. Выполнить расчет эффективности снижения шума за счет применения акустического экрана.
5. Заполнить форму выполнения задания (табл. 4.6) и оформить отчет.

Методические материалы к занятию

Эффективность акустического экрана может быть оценена по величине критерия затухания M . При расположении источника шума и рабочего места на одном уровне критерий затухания M рассчитывается по формуле

$$M = 1,414 \cdot \frac{h}{\sqrt{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{x+y}{x}} \cdot y}, \quad (4.1)$$

где h – расстояние от источника шума до вершины экрана, м; x – расстояние от экрана до источника шума, м; y – расстояние от экрана до расчетной точки, м; λ – длина звуковой волны, м.

Длина звуковой волны определяется по формуле

$$\lambda = c / f, \text{ м}, \quad (4.2)$$

где f – частота звуковой волны, Гц; c – скорость звуковой волны (343 м/с для температуры 20 °С), м/с.

Эффект снижения уровней звуковых давлений определяется исходя из данных, представленных в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Зависимость эффекта снижения уровней звуковых давлений ΔL от критерия затухания M

Критерий затухания M	0	1	2	3	4	5	6	7
Эффект снижения уровней звуковых давлений ΔL , дБ	7	15	18	22	25	27	28	30

Уровни звукового давления в расчетной точке $L_{\text{рас}}$ с учетом эффективности акустического экрана определяются по формуле

$$L_{\text{рас}} = L_{\text{ист}} - \Delta L, \text{ дБ}, \quad (4.3)$$

где $L_{\text{ист}}$ – уровни звукового давления, создаваемые источником шума, дБ (определяются по табл. 4.4).

Величина требуемого снижения уровней звукового давления $L_{тр}$ определяется по формуле

$$L_{тр} = L_{рас} - L_{доп}, \text{ дБ}, \quad (4.4)$$

где $L_{доп}$ – допустимые уровни звукового давления согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», дБ (определяются по табл. 4.5).

Расчет производится в следующем порядке.

1. Определяется номер варианта по табл. 4.2 исходя из первой буквы фамилии студента.

Таблица 4.2

Номер варианта задания

Номер варианта	Первая буква фамилии	Номер варианта	Первая буква фамилии
1	А	11	М
2	Б	12	Н
3	В	13	О
4	Г	14	П, Ц
5	Д	15	Р, Ч
6	Е	16	С, Ш
7	Ж	17	Т, Щ
8	З	18	У, Э
9	И, К	19	Ф, Ю
10	Л	20	Х, Я

2. Определяются исходные данные для расчета по табл.4.3.

3. Определяется критерий затухания M с использованием формулы (4.1). Расчет длины звуковой волны производится по формуле (4.2).

4. Определяется эффект снижения уровней звуковых давлений исходя из зависимости, представленной в табл. 4.1.

5. Определяются уровни звукового давления, создаваемые источником шума $L_{ист}$, по табл. 4.4.

6. Рассчитываются уровни звукового давления в расчетной точке $L_{рас}$ с учетом эффективности акустического экрана по формуле (4.3).

7. Оценивается соответствие уровней звукового давления допустимым значениям $L_{\text{доп}}$ (табл. 4.5) согласно СанПиН 1.2.3685-21.

8. Определяется величина требуемого снижения уровней звукового давления $L_{\text{тp}}$ по формуле (4.4).

9. Результаты проведенных расчетов заносятся в форму табл. 4.6.

10. Формируются выводы по результатам выполненных расчетов.

Таблица 4.3

Исходные данные для проведения расчета

Параметры для расчета	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Расстояние от источника шума до вершины экрана h , м	2,1	3,4	5,3	1,9	6,0	2,1	3,6	1,2	6,7	9,8
Расстояние от экрана до источника шума x , м	1,5	2,1	2,6	0,5	2,5	1,2	2,3	0,4	3,6	4,0
Расстояние от экрана до расчетной точки y , м	5,5	2,2	3,6	3,4	2,7	3,7	1,1	2,9	4,3	3,5
Тип территории в табл. 4.5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Окончание табл. 4.3

Параметры для расчета	Номер варианта									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Расстояние от источника шума до вершины экрана h , м	4,1	3,4	5,5	6,1	2,3	1,4	5,2	6,6	4,3	6,3
Расстояние от экрана до источника шума x , м	2,5	2,3	3,2	1,2	1,0	0,7	0,5	1,5	2,4	3,6
Расстояние от экрана до расчетной точки y , м	6,2	8,2	6,3	5,5	7,3	2,1	3,7	3,6	4,0	2,3
Тип территории в табл. 4.5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5

Таблица 4.4

Уровни звукового давления, создаваемые источником шума $L_{ист}$

Октавные полосы ча- стот с цен- трами, Гц	Уровень звукового давления $L_{ист}$, дБ, по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
63	105	112	103	90	86	114	118	118	96	106
125	110	106	110	97	96	107	111	111	97	100
250	99	102	102	101	103	101	106	106	100	96
500	104	99	110	106	106	98	103	103	101	92
1000	90	97	109	92	105	95	100	100	102	90
2000	83	95	104	90	98	93	98	98	97	88
4000	95	93	96	95	98	91	96	96	96	86
8000	90	92	99	96	98	98	93	94	109	90

Окончание табл. 4.4

Октавные полосы ча- стот с цен- трами, Гц	Уровень звукового давления $L_{ист}$, дБ, по вариантам									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
63	83	86	107	98	110	115	105	117	127	92
125	90	96	101	94	107	125	90	114	121	90
250	102	103	101	97	109	108	100	112	100	85
500	110	106	101	98	112	106	98	110	98	81
1000	109	105	100	103	114	90	96	108	96	86
2000	104	98	94	98	110	88	95	107	95	88
4000	96	97	95	97	100	91	93	117	90	93
8000	99	98	101	104	90	90	95	99	90	100

Таблица 4.5

Допустимые уровни звукового давления $L_{\text{доп}}$ на различных типах территорий (для времени суток с 7:00 до 23:00)

№ п/п	Тип территории	Уровни звукового давления $L_{\text{доп}}$, в дБ, в октавных полосах частот, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Территории, непосредственно прилегающие к зданиям больниц и санаториев	67	57	49	44	40	37	35	33
2	Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам	75	66	59	54	50	47	45	44
3	Территории, непосредственно прилегающие к зданиям гостиниц и общежитий	79	70	63	59	55	53	51	49
4	Площадки отдыха на территории больниц и санаториев	59	48	40	34	30	27	25	23
5	Площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов	67	57	49	44	40	37	35	33

Таблица 4.6

Форма для выполнения задания 4

Параметр	Ссылка	Октавные полосы частот с центрами, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Длина звуковой волны λ , м	Формула (4.2)								
Критерий затухания M	Формула (4.1)								
Эффект снижения уровня шума ΔL	Табл. 4.1								
Уровни звукового давления, создаваемые источником шума $L_{\text{ист}}$, дБ	Табл. 4.4								
Уровни звукового давления в расчетной точке $L_{\text{рас}}$, дБ	Формула (4.3)								
Величина требуемого снижения уровней звукового давления $L_{\text{тр}}$, дБ	Формула (4.4)								

Пример выполнения задания

1. Определяем номер варианта по табл. 4.2 исходя из первой буквы фамилии студента.

2. По табл. 4.3 определяем исходные данные для расчета.

К примеру, определены следующие исходные данные:

- расстояние от источника шума до вершины экрана $h = 2,4$ м;
- расстояние от экрана до источника шума $x = 1,8$ м;
- расстояние от экрана до расчетной точки $y = 5,0$ м.

3. По формуле (4.2) рассчитываем длину звуковой волны для диапазона октавных полос частот:

$$63 \text{ Гц} - \lambda = \frac{343}{63} = 5,44 \text{ м};$$

$$125 \text{ Гц} - \lambda = \frac{343}{125} = 2,74 \text{ м};$$

$$250 \text{ Гц} - \lambda = \frac{343}{250} = 1,37 \text{ м};$$

$$500 \text{ Гц} - \lambda = \frac{343}{500} = 0,69 \text{ м};$$

$$1000 \text{ Гц} - \lambda = \frac{343}{1000} = 0,34 \text{ м};$$

$$2000 \text{ Гц} - \lambda = \frac{343}{2000} = 0,17 \text{ м};$$

$$4000 \text{ Гц} - \lambda = \frac{343}{4000} = 0,09 \text{ м};$$

$$8000 \text{ Гц} - \lambda = \frac{343}{8000} = 0,04 \text{ м}.$$

4. Определяем критерий затухания M по формуле (4.1) для диапазона октавных полос частот:

$$63 \text{ Гц} - M = 1,414 \cdot \frac{2,4}{\sqrt{5,44} \cdot \sqrt{\frac{1,8+5}{1,8}} \cdot 5} = 0,34;$$

$$125 \text{ Гц} - M = 1,414 \cdot \frac{2,4}{\sqrt{2,74} \cdot \sqrt{\frac{1,8+5}{1,8}} \cdot 5} = 0,47;$$

$$250 \text{ Гц} - M = 1,414 \cdot \frac{2,4}{\sqrt{1,37} \cdot \sqrt{\frac{1,8+5}{1,8}} \cdot 5} = 0,67;$$

$$500 \text{ Гц} - M = 1,414 \cdot \frac{2,4}{\sqrt{0,69} \cdot \sqrt{\frac{1,8+5}{1,8}} \cdot 5} = 0,94;$$

$$1000 \text{ Гц} - M = 1,414 \cdot \frac{2,4}{\sqrt{0,34} \cdot \sqrt{\frac{1,8+5}{1,8}} \cdot 5} = 1,33;$$

$$2000 \text{ Гц} - M = 1,414 \cdot \frac{2,4}{\sqrt{0,17} \cdot \sqrt{\frac{1,8+5}{1,8}} \cdot 5} = 1,89;$$

$$4000 \text{ Гц} - M = 1,414 \cdot \frac{2,4}{\sqrt{0,09} \cdot \sqrt{\frac{1,8+5}{1,8}} \cdot 5} = 2,67;$$

$$8000 \text{ Гц} - M = 1,414 \cdot \frac{2,4}{\sqrt{0,04} \cdot \sqrt{\frac{1,8+5}{1,8}} \cdot 5} = 3,77.$$

5. Определяем эффект снижения уровней звукового давления ΔL исходя из данных, представленных в табл. 4.1. При этом выбираем наиболее близкие значения к целому числу для критерия затухания M . Таким образом получаем эффект снижения:

$$63 \text{ Гц} - \Delta L = 7 \text{ дБ};$$

$$125 \text{ Гц} - \Delta L = 7 \text{ дБ};$$

$$250 \text{ Гц} - \Delta L = 15 \text{ дБ};$$

$$500 \text{ Гц} - \Delta L = 15 \text{ дБ};$$

$$1000 \text{ Гц} - \Delta L = 15 \text{ дБ};$$

$$2000 \text{ Гц} - \Delta L = 18 \text{ дБ};$$

$$4000 \text{ Гц} - \Delta L = 22 \text{ дБ};$$

$$8000 \text{ Гц} - \Delta L = 25 \text{ дБ}.$$

6. Определяем уровни звукового давления, создаваемые источником шума $L_{\text{ист}}$, по табл. 4.4 для октавных полос:

$$63 \text{ Гц} - L_{\text{ист}} = 101 \text{ дБ};$$

$$125 \text{ Гц} - L_{\text{ист}} = 99 \text{ дБ};$$

$$250 \text{ Гц} - L_{\text{ист}} = 92 \text{ дБ};$$

$$500 \text{ Гц} - L_{\text{ист}} = 88 \text{ дБ};$$

$$1000 \text{ Гц} - L_{\text{ист}} = 82 \text{ дБ};$$

$$2000 \text{ Гц} - L_{\text{ист}} = 74 \text{ дБ};$$

$$4000 \text{ Гц} - L_{\text{ист}} = 68 \text{ дБ};$$

$$8000 \text{ Гц} - L_{\text{ист}} = 61 \text{ дБ}.$$

7. Рассчитываем уровни звукового давления в расчетной точке $L_{рас}$ с учетом эффективности акустического экрана по формуле (4.3) для октавных полос:

$$63 \text{ Гц} - L_{рас} = 101 - 7 = 94 \text{ дБ};$$

$$125 \text{ Гц} - L_{рас} = 99 - 7 = 92 \text{ дБ};$$

$$250 \text{ Гц} - L_{рас} = 92 - 15 = 77 \text{ дБ};$$

$$500 \text{ Гц} - L_{рас} = 88 - 15 = 73 \text{ дБ};$$

$$1000 \text{ Гц} - L_{рас} = 82 - 15 = 67 \text{ дБ};$$

$$2000 \text{ Гц} - L_{рас} = 74 - 18 = 56 \text{ дБ};$$

$$4000 \text{ Гц} - L_{рас} = 68 - 22 = 46 \text{ дБ};$$

$$8000 \text{ Гц} - L_{рас} = 61 - 25 = 36 \text{ дБ}.$$

8. Определяем величину требуемого снижения уровней звукового давления $L_{тр}$ по формуле (4.4) для октавных полос:

$$63 \text{ Гц} - L_{тр} = 94 - 67 = 27 \text{ дБ};$$

$$125 \text{ Гц} - L_{тр} = 92 - 75 = 35 \text{ дБ};$$

$$250 \text{ Гц} - L_{тр} = 77 - 49 = 28 \text{ дБ};$$

$$500 \text{ Гц} - L_{тр} = 73 - 44 = 29 \text{ дБ};$$

$$1000 \text{ Гц} - L_{тр} = 67 - 40 = 27 \text{ дБ};$$

$$2000 \text{ Гц} - L_{тр} = 56 - 37 = 19 \text{ дБ};$$

$$4000 \text{ Гц} - L_{тр} = 46 - 35 = 11 \text{ дБ};$$

$$8000 \text{ Гц} - L_{тр} = 36 - 33 = 3 \text{ дБ}.$$

9. Результаты проведенных расчетов заносим в форму табл. 4.6.

Пример заполнены формы таблицы 4.6

Параметр	Октавные полосы частот с центрами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
λ , м	5,44	2,74	1,37	0,69	0,34	0,17	0,09	0,04
M	0,34	0,47	0,67	0,94	1,33	1,89	2,67	3,77
ΔL	7	7	15	15	15	18	22	25
$L_{ист}$, дБ	101	99	92	88	82	74	68	61
$L_{рас}$, дБ	94	92	77	73	67	56	46	36
$L_{тр}$, дБ	27	35	28	29	27	19	11	3

10. Формулируем выводы. К примеру, следующим образом. В результате проведенного расчета определено, что для обеспечения соответствия требованиям СанПиН 1.2.3685-21 на рассматриваемых территориях, непосредственно прилегающих к зданиям больниц и санаториев, требуется снижение уровней звуковых давлений на 3...35 дБ в диапазоне октавных полос частот 63...8000 Гц.

Рекомендуемая литература

1. Зарубина, Л. П. Защита зданий, сооружений и конструкций от огня и шума : Материалы, технология, инструменты и оборудование : учеб. пособие / Л. П. Зарубина. – 2-е изд. – Москва [и др.] : Инфра-Инженерия, 2021. – 332 с. – URL: znanium.com/catalog/product/1836203 (дата обращения: 22.12.2022). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-9729-0686-4.
2. Диагностика и сертификация металлорежущего оборудования : учеб. пособие / М. П. Козочкин, А. Р. Маслов, Ф. С. Сабиров, А. Н. Порватов. – 2-е изд., испр. – Москва : Инновационное машиностроение, 2021. – 238 с. – (Для вузов). – URL: e.lanbook.com/book/175267 (дата обращения: 12.10.2022). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-907104-73-0.
3. Михаилиди, А. М. Безопасность жизнедеятельности на производстве : учеб. пособие / А. М. Михаилиди. – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 135 с. – URL: www.iprbookshop.ru/100493.html (дата обращения: 02.04.2021). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-4497-0805-2.

Методические указания по выполнению самостоятельной работы по теме 2

Темы письменных работ

1. Методы расчета звукоизолирующей эффективности стен и перегородок.
2. Методы расчета акустической эффективности звукоизолирующих кожухов.
3. Методы расчета снижения шума за счет применения акустического экрана.

Тема 3. ГЛУШИТЕЛИ ШУМА. СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ. КОНТРОЛЬ ШУМА СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ

Цель – изучить основы применения средств снижения шума и методов их исследований.

Задачи

1. Изучить основы применения глушителей шума.
2. Владеть основами применения средств индивидуальной защиты.
3. Изучить вопросы снижения шума систем вентиляции.
4. Освоить методы виброакустических исследований.

Нормативные документы:

- СП 51.13330.2011 «Защита от шума»;
- СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Изучив данную тему, студент должен:

- знать основы применения глушителей шума и средств индивидуальной защиты;
- уметь выполнять расчет снижения интенсивности звука при увеличении расстояния от источника шума до рабочего места;
- владеть навыками исследования средств снижения шума технических систем на основе анализа патентной документации.

При освоении темы необходимо:

- изучить учебный материал;
- выполнить практические задания 5, 6;
- оформить и сдать отчеты по практическим заданиям 5, 6.

Практическое занятие 5

Расчет снижения интенсивности звука при увеличении расстояния от источника шума до рабочего места

Форма проведения – практическая работа.

Вопросы для обсуждения

1. Уровень звукового давления на территории жилой застройки.
2. Фактор направленности источника шума.
3. Уровень звукового давления, создаваемый удаленным источником шума.
4. Величина требуемого снижения уровней звукового давления.

Методические указания по проведению занятия

1. Изучить расчет снижения уровней звуковых давлений при увеличении расстояния от источника шума.
2. Выбрать вариант в соответствии с первой буквой фамилии студента.
3. Выполнить расчет снижения уровней звуковых давлений при увеличении расстояния от источника шума.
4. Оформить отчет по практическому заданию.

Методические материалы к занятию

Уровень звукового давления на территории жилой застройки или территории предприятия, создаваемый удаленным источником шума, может быть определен по следующей формуле:

$$L = L_{\text{ист}} - 20 \lg l - \frac{l \cdot \Delta r}{1000} + 10 \lg \Phi, \text{ дБ}, \quad (5.1)$$

где $L_{\text{ист}}$ – уровень звукового давления, создаваемый источником шума, дБ; l – кратчайшее расстояние от геометрического центра источника шума до расчетной точки, м; Δr – коэффициент затухания звука в воздухе, дБ/км; Φ – фактор направленности источника шума.

Величина требуемого снижения уровней звукового давления $L_{\text{тр}}$ определяется по формуле

$$L_{\text{тр}} = L - L_{\text{доп}}, \text{ дБ}. \quad (5.2)$$

Расчет производится в следующем порядке.

1. Определяется номер варианта по табл. 5.1 исходя из первой буквы фамилии студента.

Таблица 5.1

Номер варианта задания

Номер варианта	Первая буква фамилии	Номер варианта	Первая буква фамилии
1	А	11	М
2	Б	12	Н
3	В	13	О
4	Г	14	П, Ц
5	Д	15	Р, Ч
6	Е	16	С, Ш
7	Ж	17	Т, Щ
8	З	18	У, Э
9	И, К	19	Ф, Ю
10	Л	20	Х, Я

2. Определяются уровни звукового давления, создаваемые источником шума $L_{ист}$, по табл. 5.2.

3. Определяется кратчайшее расстояние от геометрического центра источника шума до расчетной точки l по табл. 5.3.

4. Определяется фактор направленности источника шума Φ по табл. 5.3.

5. Определяется коэффициент затухания звука в воздухе Δg по табл. 5.4.

6. Рассчитывается уровень звукового давления L , создаваемый удаленным источником шума, по формуле (5.1).

7. Оценивается соответствие рассчитанных уровней звукового давления L с допустимыми уровнями звукового давления $L_{доп}$ (табл. 5.5) согласно СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

8. Определяется величина требуемого снижения уровней звукового давления $L_{тр}$ по формуле (5.2).

9. Результаты проведенных расчетов заносятся в форму табл. 5.6.

Таблица 5.2

Уровни звукового давления, создаваемые источником шума $L_{ист}$

Октавные полосы частот, Гц	Уровень звукового давления $L_{ист}$, дБ, по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
63	105	112	103	90	86	114	118	118	96	106
125	110	106	110	97	96	107	111	111	97	100
250	99	102	102	101	103	101	106	106	100	96
500	104	99	110	106	106	98	103	103	101	92
1000	90	97	109	92	105	95	100	100	102	90
2000	83	95	104	90	98	93	98	98	97	88
4000	95	93	96	95	98	91	96	96	96	86
8000	90	92	99	96	98	98	93	94	109	90

Окончание табл. 5.2

Октавные полосы частот, Гц	Уровень звукового давления $L_{ист}$, дБ, по вариантам									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
63	83	86	107	98	110	115	105	117	127	92
125	90	96	101	94	107	125	90	114	121	90
250	102	103	101	97	109	108	100	112	100	85
500	110	106	101	98	112	106	98	110	98	81
1000	109	105	100	103	114	90	96	108	96	86
2000	104	98	94	98	110	88	95	107	95	88
4000	96	97	95	97	100	91	93	117	90	93
8000	99	98	101	104	90	90	95	99	90	100

Таблица 5.3

Исходные данные для проведения расчета

Параметры для расчета	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
l , м	100	310	650	520	80	650	710	99	680	540
Φ	1	5	7	3	2	4	3	1	2	4
Тип территории по табл. 5.5	3	2	4	5	1	2	5	1	4	3

Окончание табл. 5.3

Параметры для расчета	Номер варианта									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
l , м	680	180	320	740	720	430	380	370	220	110
Φ	7	6	5	2	1	3	2	4	5	7
Тип территории по табл. 5.5	2	1	3	5	4	4	2	4	3	5

Таблица 5.4

Коэффициент затухания звука в воздухе Δr

Октавные полосы частот с центрами, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Коэффициент затухания звука в воздухе Δr , дБ/км	0,35	0,7	1,5	3	6	12	24	48

Таблица 5.5

Допустимые уровни звукового давления $L_{\text{доп}}$ на различных типах территорий
(для времени суток с 7:00 до 23:00)

№ п/п	Тип территории	Уровни звукового давления $L_{\text{доп}}$, в дБ, в октавных полосах частот, Гц							
		63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Территории, непосредственно прилегающие к зданиям больниц и санаториев	67	57	49	44	40	37	35	33
2	Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам	75	66	59	54	50	47	45	44
3	Территории, непосредственно прилегающие к зданиям гостиниц и общежитий	79	70	63	59	55	53	51	49
4	Площадки отдыха на территории больниц и санаториев	59	48	40	34	30	27	25	23
5	Площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов	67	57	49	44	40	37	35	33

Форма для выполнения задания 5

Параметр	Октавные полосы частот с центрами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{ист}$, дБ								
l , м								
Φ								
Δr , дБ/км								
L , дБ								
$L_{доп}$, дБ								
$L_{тр}$, дБ								

Пример выполнения задания

1. Определяем номер варианта по табл. 5.1 исходя из первой буквы фамилии студента.

2. Определяются уровни звукового давления, создаваемые источником шума $L_{ист}$, по табл. 5.2.

К примеру, определенные значения составили в октавных полосах:

$$63 \text{ Гц} - L_{ист} = 125 \text{ дБ};$$

$$125 \text{ Гц} - L_{ист} = 105 \text{ дБ};$$

$$250 \text{ Гц} - L_{ист} = 103 \text{ дБ};$$

$$500 \text{ Гц} - L_{ист} = 105 \text{ дБ};$$

$$1000 \text{ Гц} - L_{ист} = 99 \text{ дБ};$$

$$2000 \text{ Гц} - L_{ист} = 95 \text{ дБ};$$

$$4000 \text{ Гц} - L_{ист} = 98 \text{ дБ};$$

$$8000 \text{ Гц} - L_{ист} = 100 \text{ дБ}.$$

3. Определяем кратчайшее расстояние от геометрического центра источника шума до расчетной точки l по табл. 5.3.

К примеру, мы определили, что $l = 780 \text{ м}$.

4. Определяем фактор направленности источника шума Φ по табл. 5.3. К примеру, мы определили, что $\Phi = 5$.

5. Определяется коэффициент затухания звука в воздухе Δr по табл. 5.4. Мы определили значения Δr для каждой из октавных полос частот:

$$63 \text{ Гц} - \Delta r = 0,35 \text{ дБ/км};$$

$$125 \text{ Гц} - \Delta r = 0,7 \text{ дБ/км};$$

$$250 \text{ Гц} - \Delta r = 1,5 \text{ дБ/км};$$

$$500 \text{ Гц} - \Delta r = 3 \text{ дБ/км};$$

$$1000 \text{ Гц} - \Delta r = 6 \text{ дБ/км};$$

$$2000 \text{ Гц} - \Delta r = 12 \text{ дБ/км};$$

$$4000 \text{ Гц} - \Delta r = 24 \text{ дБ/км};$$

$$8000 \text{ Гц} - \Delta r = 48 \text{ дБ/км}.$$

6. Рассчитываем уровень звукового давления L , создаваемый удаленным источником шума по формуле (5.1) в октавных полосах:

$$63 \text{ Гц} - L = 125 - 20 \lg 780 - \frac{780 \cdot 0,35}{1000} + 10 \lg 5 = 73,9 \text{ дБ};$$

$$125 \text{ Гц} - L = 105 - 20 \lg 780 - \frac{780 \cdot 0,7}{1000} + 10 \lg 5 = 53,6 \text{ дБ};$$

$$250 \text{ Гц} - L = 103 - 20 \lg 780 - \frac{780 \cdot 1,5}{1000} + 10 \lg 5 = 51,0 \text{ дБ};$$

$$500 \text{ Гц} - L = 105 - 20 \lg 780 - \frac{780 \cdot 3}{1000} + 10 \lg 5 = 51,8 \text{ дБ};$$

$$1000 \text{ Гц} - L = 99 - 20 \lg 780 - \frac{780 \cdot 6}{1000} + 10 \lg 5 = 43,5 \text{ дБ};$$

$$2000 \text{ Гц} - L = 95 - 20 \lg 780 - \frac{780 \cdot 12}{1000} + 10 \lg 5 = 34,8 \text{ дБ};$$

$$4000 \text{ Гц} - L = 98 - 20 \lg 780 - \frac{780 \cdot 24}{1000} + 10 \lg 5 = 28,4 \text{ дБ};$$

$$8000 \text{ Гц} - L = 100 - 20 \lg 780 - \frac{780 \cdot 48}{1000} + 10 \lg 5 = 11,7 \text{ дБ}.$$

7. Оцениваем соответствие рассчитанных уровней звукового давления L путем сравнения с допустимыми уровнями звукового давления $L_{\text{доп}}$ (табл. 5.5).

Тип территории для выбранного варианта определяем в табл. 5.3. К примеру, в нашем варианте выбраны площадки отдыха на территории больниц и санаториев.

Сравнивая рассчитанные значения уровней звукового давления L с допустимыми $L_{\text{доп}}$, делаем вывод о несоответствии требованиям СанПиН 1.2.3685-21 в октавных полосах частот 63...4000 Гц.

8. Определяем величины требуемого снижения уровней звукового давления $L_{\text{тр}}$ по формуле (5.2) в октавных полосах:

$$63 \text{ Гц} - L_{\text{тр}} = 73,9 - 59 = 14,9 \text{ дБ};$$

$$125 \text{ Гц} - L_{\text{тр}} = 53,6 - 48 = 5,6 \text{ дБ};$$

$$250 \text{ Гц} - L_{\text{тр}} = 51 - 40 = 11 \text{ дБ};$$

$$500 \text{ Гц} - L_{\text{тр}} = 51,8 - 34 = 17,8 \text{ дБ};$$

$$1000 \text{ Гц} - L_{\text{тр}} = 43,7 - 30 = 13,7 \text{ дБ};$$

$$2000 \text{ Гц} - L_{\text{тр}} = 34,8 - 27 = 7,8 \text{ дБ};$$

$$4000 \text{ Гц} - L_{\text{тр}} = 28,4 - 25 = 3,4 \text{ дБ}.$$

9. Результаты проведенных расчетов заносим в форму табл. 5.6.

Пример заполнения формы табл. 5.6

Параметр	Октавные полосы частот с центрами, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{\text{ист}}$, дБ	125	105	103	105	99	95	98	100
l , м	780							
Φ	5							
Δr , дБ/км	0,35	0,7	1,5	3	6	12	24	48
L , дБ	73,9	53,6	51,0	51,8	43,5	34,8	28,4	11,7
$L_{\text{доп}}$, дБ	59	48	40	34	30	27	25	23
$L_{\text{тр}}$, дБ	14,9	5,6	11,0	17,8	13,7	7,8	3,4	—

10. Делаем вывод о результатах выполненных расчетов.

Рассчитанные значения уровней звукового давления, создаваемых источником шума, находящимся на расстоянии 780 м, составили 11,7...73,9 дБ в диапазоне октавных полос частот 63...8000 Гц. Указанные значения не соответствуют требованиям СанПиН 1.2.3685-21 в октавных полосах частот 63...4000 Гц с превышением допустимых значений на 3,4...17,8 дБ.

Рекомендуемая литература

1. Зарубина, Л. П. Защита зданий, сооружений и конструкций от огня и шума : Материалы, технология, инструменты и оборудование : учеб. пособие / Л. П. Зарубина. – 2-е изд. – Москва [и др.] : Инфра-Инженерия, 2021. – 332 с. – URL: znanium.com/catalog/product/1836203 (дата обращения: 22.12.2022). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-9729-0686-4.
2. Диагностика и сертификация металлорежущего оборудования : учеб. пособие / М. П. Козочкин, А. Р. Маслов, Ф. С. Сабиров, А. Н. Порватов. – 2-е изд., испр. – Москва : Инновационное машиностроение, 2021. – 238 с. – (Для вузов). – URL: e.lanbook.com/book/175267 (дата обращения: 12.10.2022). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-907104-73-0.
3. Михаилиди, А. М. Безопасность жизнедеятельности на производстве : учеб. пособие / А. М. Михаилиди. – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 135 с. – URL: www.iprbookshop.ru/100493.html (дата обращения: 02.04.2021). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-4497-0805-2.

Практическое занятие 6 **Исследования технических средств снижения шума** **технических систем на основе анализа патентной** **документации**

Форма проведения – практическая работа.

Вопросы для обсуждения

1. Процедура поиска технических решений в области снижения шума.
2. Сведения о документе-источнике.
3. Описание сущности технического решения.
4. Описание достоинств и недостатков технического решения.

Методические указания по проведению занятия

1. Изучить алгоритм исследования средств снижения шума технических систем на основе анализа патентной документации.
2. Провести поиск технических решений по базам патентной и научной документации.
3. Выполнить анализ достоинств и недостатков найденных технических решений.
4. Оформить отчет по практическому заданию б.

Методические материалы к занятию

Поиск технических решений может быть выполнен при использовании базы патентной документации Федерального института промышленной собственности (ФИПС). Доступ осуществляется через сайт, расположенный на интернет-портале ФИПС.

Состав доступных информационных ресурсов:

- информационно-поисковая система (далее ИПС) по отечественной документации по объектам интеллектуальной собственности (далее ОИС);
- реестры российских патентных документов по всем ОИС;
- реестры заявок на выдачу охранных документов по всем ОИС;
- реестры свидетельств на программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем;
- международные классификации.

Отдельным информационным ресурсом является система официальной публикации информации по всем ОИС, зарегистрированным в России.

ИПС и реестры содержат одинаковый набор охранных документов:

- авторские свидетельства СССР и патенты РФ на изобретения с 1924 г. – в объеме публикации в бюллетенях Роспатента (далее – бюллетень);
- свидетельства и патенты РФ на полезные модели с 1996 г. – в объеме публикации в бюллетенях, дополненной описанием полезной модели;
- патенты РФ на промышленные образцы с 1993 г. – в объеме публикации в бюллетенях;

- свидетельства на товарные знаки с 1925, общеизвестные товарные знаки с 2001 г., наименования мест происхождения товаров с 1997 г. – в объеме публикации в бюллетенях;
- свидетельства РФ на программы для ЭВМ, базы данных, топологии интегральных микросхем с 2013 г. – в объеме публикации в бюллетенях.

Заявки на выдачу охранных документов в ИПС и реестрах представлены по-разному.

Реестры содержат заявки:

- на выдачу патента на изобретение в объеме библиографии и формулы изобретения для опубликованных заявок с 1994 г, дополненные сведениями о делопроизводстве по заявкам, поданным после 01.01.2007;
- для неопубликованных заявок, поданных после 01.01.2007, – в объеме номера заявки и сведений о делопроизводстве по ней;
- на выдачу патента на полезную модель, поданные после 01.01.2007, в объеме номера заявки и сведений о делопроизводстве по ней;
- на выдачу патента на промышленный образец, поданные после 01.01.2007, в объеме номера заявки и сведений о делопроизводстве по ней;
- на выдачу свидетельства на товарный знак в объеме сведений о заявках, поданных после 01.01.2005, дополненных сведениями о делопроизводстве по заявкам, поданным после 01.01.2008;
- на выдачу свидетельства на наименование места происхождения товара в объеме сведений о заявках, поданных после 01.01.2005, дополненных сведениями о делопроизводстве по заявкам, поданным после 01.01.2008.

ИПС содержит опубликованные заявки на выдачу патента на изобретение в объеме библиографии и формулы изобретения с 1994 г.

Периодичность пополнения ИПС и реестров:

- для патентных документов по изобретениям и полезным моделям
 - три раза в месяц при публикации бюллетеней;
- описания полезных моделей – 1 раз в три месяца;
- для товарных знаков, общеизвестных товарных знаков, наименований места происхождения товаров – ежедневно;

- для промышленных образцов – один раз в месяц при публикации бюллетеней;
- для программ ЭВМ, баз данных, топологий интегральных микросхем – раз в месяц при публикации бюллетеня;
- для заявок по всем ОИС – ежедневно.

В ИПС бесплатный поиск предоставляется в бесплатных БД.

Для изобретений и полезных моделей поиск может быть проведен в любой из бесплатных БД или в любом наборе бесплатных БД:

- по искомому термину (искомым терминам) в названии и/или реферате (формуле для полезных моделей);
- по данным из любого библиографического поля документа;
- по любому сочетанию терминов и/или библиографических данных.

Для промышленных образцов поиск может быть проведен:

- по искомому термину (искомым терминам) в названии и/или перечне существенных признаков;
- по данным из любого библиографического поля документа;
- по любому сочетанию терминов и/или библиографических данных.

Для входа в реестры:

- открыть сайт ФИПС: <http://new.fips.ru/>;
- перейти в раздел «Поиск»;
- выбрать «Открытые реестры»;
- перейти по ссылке «**ПЕРЕЙТИ В ОТКРЫТЫЕ РЕЕСТРЫ**».

Для выбора объекта для просмотра следует выбрать раздел в меню (например, «Изобретения») или сразу выбрать реестр (например, «Реестр заявок на выдачу патента на изобретение») – откроется страница выбранного реестра (по умолчанию после выбора раздела автоматически открывается первый реестр раздела).

На страницах каждого из реестров расположены два поля: «Параметр» и «Значение».

Поле «Параметр» содержит выпадающий список с параметрами поиска. Список может содержать: номер регистрации (для всех объектов), дату публикации (для опубликованных заявок на изобретения и зарегистрированных объектов, кроме программ для ЭВМ, баз данных, топологий интегральных микросхем), индекс МПК

(для изобретений и полезных моделей), класс МКПО (для промышленных образцов).

Сформулировать поисковый запрос:

- выбрать параметр поиска;
- ввести искомый термин в поле «Значение»;
- в зависимости от выбранного «Параметра» в поле «Значение» выводится пример формулировки искомого значения (номера, даты, МПК).

Провести поиск:

- нажать кнопку «Найти»;
- откроется страница с результатами поиска или страница с искомым документом.

В верхней части страницы с результатами поиска указан поисковый запрос и количество найденных документов. Вверху и внизу страницы расположены ссылки «Вернуться к выбору реестра» и «Вернуться к выбору диапазонов номеров», которые следует использовать для проведения следующих поисков.

Документы выводятся в нумерационном порядке, максимум по 100 документов на странице. Если найдено более 100 документов, внизу под списком появляются номера страниц, на каждой из которых выводится не более 100 документов. Для перехода на другую страницу можно выбирать номер страницы или использовать ссылки «Предыдущая» и «Следующая».

Для зарегистрированных объектов слева от номера документа расположен кружок, цвет которого зависит от статуса документа. Связь цветов кружка со статусом описана в легенде внизу страницы.

Для просмотра документа следует нажать на номер документа.

Объем информации в документе зависит от вида объекта интеллектуальной собственности, а также правил публикации, существовавших в разное время.

Например, патент на изобретение может содержать библиографию, название, описание, формулу изобретения, кроме того, в нем могут быть чертежи и/или таблицы.

Документ может содержать также извещения, в которых публикуются сообщения о событиях, связанных с документом, например,

выдача лицензии, изменение адреса для переписки, прекращение или восстановление действия патента и т. п.

В части документов описание приведено в факсимильном виде (например, в авторских свидетельствах СССР, опубликованных до 1994 г.).

Документы, опубликованные после 2004 г., представлены также в PDF-формате. Для получения PDF-формата надо щелкнуть по дате в поле «Опубликовано».

Для перехода к другому документу надо щелкнуть по его номеру.

Для проведения нового поиска в том же реестре следует воспользоваться ссылкой «Вернуться к выбору диапазонов номеров».

Для проведения поиска в новом реестре или для выхода из реестров следует воспользоваться ссылкой «Вернуться к выбору реестра».

Формулировка запроса и поиск информации в ИПС

Страница «Поиск» содержит несколько полей для ввода терминов запроса. Слева от каждого окна дана кнопка «?», при нажатии на которую выводится подсказка с указанием части документа или его библиографии, в которой будет проводиться поиск введенных в данное окно терминов, а также правила формулировки запроса в данном поле.

Поиск терминов запроса, введенных в поле «Основная область запроса», производится в реферате, описании, названии и формуле изобретения для полнотекстовых БД, в реферате и названии для реферативных БД и по названиям (воспроизведениям) товарных знаков в БД по товарным знакам.

Для поиска следует:

- ввести искомые термины в одно или несколько полей в зависимости от того, какая информация должна содержаться в искомом документе, например: термин(ы) в «Основной области запроса»; термин(ы) в «Названии» и индекс МПК (МКТУ) в соответствующем поле; индекс МПК (МКТУ), термин в «Основной области запроса», автор и т. п.;
- нажать кнопку «Поиск». Откроется страница «Найденные документы».

Последовательность выполнения задания 6

1. Выполнить поиск не менее 5 решений по направлению снижения шума технических систем, используя базу патентной документации (ресурсы ФИПС) или другие общедоступные базы научно-технической информации.
2. Составить описание найденных технических решений.
3. Выполнить анализ достоинств и недостатков.
4. Оформить результаты работы, заполнив форму для выполнения задания и сделав выводы.

Пример выполнения задания

Произведем поиск решений в области средств снижения шума технических систем с использованием ресурса ФИПС. Выберем в качестве объекта поиска «шумозащитные экраны».

К примеру, были найдены следующие патенты:

- RU 2173372 «Акустическая панель шумозащитного экрана»;
- RU 2155252 «Шумозащитный экран»;
- RU 2727997 «Шумозащитный экран»;
- RU 2604894 «Шумозащитный экран»;
- RU 2672923 «Шумозащитный экран рекреационной зоны».

После составления краткого описания технических решений и их анализа заполняем форму.

Форма для выполнения задания 6

№ п/п	Сведения о документе-источнике	Описание сущности технического решения, достоинств и недостатков
1		
2		
3		
4		
5		

Рекомендуемая литература

1. Краснов, А. В. Анализ и разработка инновационных технических решений в области промышленной, пожарной безопасности, охрана труда и окружающей среды : электрон. учеб. пособие / А. В. Краснов. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2017. – ISBN 978-5-8259-1118-2.
2. Диагностика и сертификация металлорежущего оборудования : учеб. пособие / М. П. Козочкин, А. Р. Маслов, Ф. С. Сабиров, А. Н. Порватов. – 2-е изд., испр. – Москва : Инновационное машиностроение, 2021. – 238 с. – (Для вузов). – URL: e.lanbook.com/book/175267 (дата обращения: 12.10.2022). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-907104-73-0.
3. Михаилиди, А. М. Безопасность жизнедеятельности на производстве : учеб. пособие / А. М. Михаилиди. – Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. – 135 с. – URL: www.iprbookshop.ru/100493.html (дата обращения: 02.04.2021). – Режим доступа: по подписке. – ISBN 978-5-4497-0805-2.

Методические указания по выполнению самостоятельной работы по теме 3

Темы письменных работ

1. Методы расчета снижения интенсивности звука при увеличении расстояния от источника шума до рабочего места.
2. Методы поиска технических решений в области снижения шума.
3. Методы анализа технических решений в области снижения шума.

Тема 4. ПСИХОАКУСТИКА И ВОЗДЕЙСТВИЕ ШУМА. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ БОРЬБЫ С ШУМОМ И ВИБРАЦИЕЙ. ПРАКТИЧЕСКИЕ ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ ЗВУКОИЗОЛЯЦИИ И ЗВУКОПОГЛОЩЕНИЯ. ОБЩИЕ ПРАВИЛА АКУСТИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Цель — изучить основы психоакустики и особенности воздействия шума на человека.

Задачи

1. Изучить основы психоакустики и особенности воздействия шума на человека.
2. Ознакомиться с практическими примерами реализации принципов борьбы с шумом и вибрацией.
3. Изучить практические примеры реализации принципов звукоизоляции и звукопоглощения.
4. Освоить общие правила акустического проектирования производственных помещений.

Нормативные документы:

- СП 51.13330.2011 «Защита от шума»;
- СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

Изучив данную тему, студент должен:

- знать основы психоакустики и особенности воздействия шума на человека, принципы акустического проектирования производственных помещений;
- уметь применять на практике методы и средства снижения шума и вибрации;
- владеть навыками проектирования элементов акустических конструкций.

При освоении темы необходимо:

- изучить теоретический материал;
- проработать дополнительную литературу по теме.

**Методические указания по выполнению
самостоятельной работы по теме 4**

Темы письменных работ

1. Особенности воздействия шума на человека.
2. Примеры практической реализации методов борьбы с шумом и вибрацией.
3. Примеры практической реализации принципов звукоизоляции и звукопоглощения.
4. Примеры практической реализации правил акустического проектирования производственных помещений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В пособии представлена учебно-методическая информация по изучению курса «Акустическая безопасность» для студентов направления подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность».

Пособие содержит краткую теоретическую информацию по дисциплине и практические работы для закрепления полученных знаний. В процессе изучения дисциплины студенты знакомятся с физическими основами акустики и принципами акустического проектирования производственных помещений. При выполнении практических работ студенты получают практические умения и навыки, необходимые для осуществления профессиональной деятельности в области защиты от шума и вибрации на рабочих местах.

Для более глубокого и всестороннего изучения тем дисциплины студентам предложены на проработку темы письменных работ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 23-03-2003. Защита от шума : строительные нормы и правила Российской Федерации : издание официальное : приняты и введены в действие постановлением Госстроя России от 30 июня 2003 года № 136 : взамен СНиП II-12-77 : дата введения 2004-01-01 / Научно-исследовательский институт строительной физики. — Москва : Госстрой России, 2003. — II, 31, [1] с. — ISBN 5-88111-158-3.
2. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» : постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2 : (с изменениями на 30 декабря 2022 года) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. — URL: docs.cntd.ru/document/573500115 (дата обращения: 20.01.2023).
3. Зарубина, Л. П. Защита зданий, сооружений и конструкций от огня и шума : Материалы, технология, инструменты и оборудование : учеб. пособие / Л. П. Зарубина. — 2-е изд. — Москва [и др.] : Инфра-Инженерия, 2021. — 332 с. — URL: znanium.com/catalog/product/1836203 (дата обращения: 22.12.2022). — Режим доступа: по подписке. — ISBN 978-5-9729-0686-4.
4. Диагностика и сертификация металлорежущего оборудования : учеб. пособие / М. П. Козочкин, А. Р. Маслов, Ф. С. Сабиров, А. Н. Порватов. — 2-е изд., испр. — Москва : Инновационное машиностроение, 2021. — 238 с. — (Для вузов). — URL: e.lanbook.com/book/175267 (дата обращения: 12.10.2022). — Режим доступа: по подписке. — ISBN 978-5-907104-73-0.
5. Михаилиди, А. М. Безопасность жизнедеятельности на производстве : учеб. пособие / А. М. Михаилиди. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2021. — 135 с. — URL: www.iprbookshop.ru/100493.html (дата обращения: 02.04.2021). — Режим доступа: по подписке. — ISBN 978-5-4497-0805-2.

6. Краснов, А. В. Анализ и разработка инновационных технических решений в области промышленной, пожарной безопасности, охрана труда и окружающей среды : электрон. учеб. пособие / А. В. Краснов ; Тольяттинский государственный университет. — Тольятти : Изд-во ТГУ, 2017. — 1 CD-ROM. — (Росдистант) (Высшее образование дистанционно). — Загл. с титул. экрана. — ISBN 978-5-8259-1118-2.
7. Руководство по расчету и проектированию шумоглушения в промышленных зданиях / [Г. Л. Осипов, Л. А. Борисов, Е. Н. Федосеева и др.]. — Москва : Стройиздат, 1982. — 128, [1] с.
8. Борьба с шумом на производстве : справочник / [Е. Я. Юдин, Л. А. Борисов, И. В. Горенштейн и др.] ; под общ. ред. Е. Я. Юдина. — Москва : Машиностроение, 1985. — 399 с.
9. Автомобильные акустические материалы. Проектирование и исследование низкошумных конструкций автотранспортных средств. Монография. [В 2 частях]. Часть 2 / М. И. Фесина, А. В. Краснов, Л. Н. Горина, Л. А. Паньков ; Тольяттинский государственный университет. — Тольятти : ТГУ, 2010. — 351 с. — ISBN 978-5-8259-0560-0.

ГЛОССАРИЙ

Бел — десять децибел (10 дБ). В практической акустике не применяется. Единица измерения, названная в честь изобретателя телефона Александра Белла.

Волна — колебательное возмущение, распространяющееся в упругой среде с определенной скоростью таким образом, что в каждой точке среды величина, выбранная в качестве возмущения, является функцией времени, а в каждый момент времени — функцией положения точки.

Давление звуковое — переменная часть давления, возникающая в среде при прохождении звуковой волны.

Давление звуковое эффективное (среднеквадратичное звуковое давление) — среднеквадратичное значение мгновенных звуковых давлений в рассматриваемой точке за интервал времени.

Децибел дБ (одна десятая бела) — не физическая величина, а математическое понятие, равное $10 \lg$ отношения 2-х сопоставляемых физических величин (принятых в акустике — звуковых давлений, интенсивностей, мощностей, колебательных перемещений, колебательных скоростей, колебательных ускорений) к соответствующим нормированным (стандартизированным) величинам их пороговых значений.

Звукоизоляция — этот термин употребляется для обозначения трех технических характеристик и относится непосредственно к самой акустической конструкции, к комплексному физическому процессу поглощения и отражения звуковых волн акустической конструкцией и к количественной оценке изменения (ослабления) передачи акустического излучения (численного изменения параметров физического процесса), вносимого используемой акустической конструкцией. Является мерой изоляции звука перегородкой, стеной или панелью, выраженной в дБ. Звукоизоляция равна десятичному логарифму отношения интенсивностей падающей и прошедшей (через перегородку) звуковых волн, либо разность уровней в дБ. При оценках звукоизоляции в замкнутых помещениях должна быть учтена эквивалентная площадь звукопоглощения стен, пола и потолка этого помещения.

Звукопоглощающие свойства (материалов, конструкций деталей машин) — способность (физические свойства) внутренних структур материалов и/или конструкций деталей в составе функциони-

рующего звукогенерирующего узла (агрегата, системы, машины) эффективно рассеивать (поглощать) энергию звуковых волн, распространяющихся в упругой (воздушной) среде, путем ее необратимого перехода в тепловую энергию с достижением конечного эффекта уменьшения уровня звука.

Колебание акустическое — движение частиц упругой среды около положения их равновесия в звуковом диапазоне частот с амплитудным значением, превышающим пороговое значение чувствительности человеческого уха на данной частоте колебаний.

Кожух — наружная защитная оболочка машины, механизма (двигателя, коробки передач, и т. п.), как правило, гладкой обтекаемой формы, содержащая каркас обрешетки, которая служит для уменьшения шума (тепло- и влагозащиты), генерируемого виброакустическими процессами машины (механизма), а также для выполнения сопутствующих функций декоративного, несущего, травмозащитного элементов.

Материал звукопоглощающий — материал, обладающий реверберационным коэффициентом звукопоглощения не менее 0,2.

Материал звукоизолирующий — материал, обеспечивающий протекание комплексного физического процесса поглощения и отражения звуковых волн при передаче акустического излучения между двумя сообщенными пространствами, при этом импеданс этого материала превышает не менее чем в 100 раз импеданс воздуха.

Октава (октавная полоса частот) — частотный интервал между двумя звуками, значения частот которых отличаются вдвое.

Паскаль (Па) — единица давления (в том числе звукового) и механического напряжения. 1 Па равен давлению, вызываемому силой 1 Н, равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности площадью 1 м².

Параметр — показатель, характеризующий какое-либо свойство продукта, для которого в рамках конкретного применения присваивается определенное значение. Пример — масса, коэффициент аэродинамического сопротивления, жесткость, ускорение и т. д.

Постоянная помещения — звукопоглощающая способность помещения, количественно оцененная в м² площади поверхности со 100 % поглощением (с коэффициентом звукопоглощения, равным 1).

Спектр звука — совокупность гармонических колебаний, на которые может быть разложен звуковой процесс. Для случайных процессов вводится понятие энергетического спектра звука, представляющего среднюю энергию или интенсивность, приходящуюся на заданный частотный интервал, и относимого к средней (среднегеометрической) частоте в этом интервале.

Уровень шума — двадцатикратный логарифм отношения, воспринимаемого (регистрируемого) звукового давления к нормированному (стандартизированному) пороговому значению, равному $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Фактор направленности — отношение квадрата звукового давления, замеренного в произвольной точке сферы (полусферы), охватывающей на заданном расстоянии (радиусе) источник излучения, к квадрату звукового давления, усредненному по всем измерительным точкам, расположенным на измерительной поверхности указанной сферы (полусферы).

Шум — неприятный, раздражающий, вредный для здоровья человека (и других живых организмов), нежелательный звук.

Эффективность акустическая — указывает на конкретный шумопонижающий эффект от используемого того или иного конструктивного или технологического мероприятия (нового или модифицированного узла или системы) при приемлемых остальных технических, экологических и стоимостных показателях.