

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана

«Утверждено»

на заседании кафедры Э-9

2.02.2007 протокол №2-2007

Смирнов С.Г.

Тупов В.В.

**Практические
занятия по курсу
«Промышленная акустика»**

*(Типовые задания и методические указания для студентов
специальности 28020100.65)*

(9 семестр)

2007 г.

Методические указания по выполнению практических заданий при изучении дисциплины «Промышленная акустика» студентами специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов».

Дисциплина «Промышленная акустика» формирует теоретические и практические знания и умения инженера. Согласно учебному плану изучение дисциплины предусмотрено на 5-ом курсе, причем теоретические знания студенты получают в девятом семестре, а материал практического прикладного характера, основанный на полученных фундаментальных знаниях, они изучают в течение десятого семестра.

Для лучшего усвоения теоретических знаний, приобретения навыков и умения их применить для решения наиболее актуальных задач акустики, учебным планом предусмотрено в 9-м семестре одновременно с чтением лекций (34 часа) проведение практических занятий в объеме 17 часов. Темы практических занятий и последовательность их проведения синхронизированы с завершением изучения на лекциях отдельных разделов курса.

Ниже приведены темы практических занятий с указанием их объема:

1. Расчет скорости звука в моногазовой среде и в смеси газов (2 часа).
2. Расчет звукового давления и колебательной скорости частиц среды в звуковой волне с помощью пространственно временной зависимости потенциала скорости (2 часа).
3. Расчет уровней звукового давления и интенсивности, а также плотности звуковой энергии в плоской гармонической бегущей волне (2 часа).
4. Расчет параметров отраженной и прошедшей звуковых волн при нормальном падении звука на границу раздела сред (2 часа).
5. Расчет коэффициента звукопоглощения материала с известным акустическим импедансом (2 часа).

6. Определение параметров звукового поля перед плоской поверхностью частично поглощающего звук материала (2 часа).
7. Расчет акустических характеристик материала по измеренным параметрам звуковой волны при ее распространении в волноводе (трубе Кундта) (2 часа).
8. Расчет интенсивности звука в прямой, отраженной и прошедшей волнах при наклонном падении волны на границу раздела сред (3 часа).

Благодаря большому количеству вариантов исходных данных (несколько десятков), каждый студент получает исходные данные для выполнения задания, отличающиеся от исходных данных других студентов.

Ознакомившись с исходными данными, студент выстраивает алгоритм выполнения задания, используя свой конспект лекций и вспомогательные источники информации, в том числе раздаточные материалы, выдаваемые преподавателем в процессе обучения.

При невозможности самостоятельно найти решения отдельных фрагментов задания, студенты обращаются к преподавателю с вопросами и получают рекомендации, поясняющие каким разделом лекций следует воспользоваться и, в порядке исключения, какую конкретно формулу необходимо применить.

Завершив выполнение задания, студенты сдают свои решения в письменной форме преподавателю на проверку. Как правило, выполнение задания занимает два академических часа, поэтому проверенные преподавателем решения студенты получают через неделю после очередной лекции (семинары проводятся с интервалом в две недели).

В процессе проверки отмечаются ошибки и, при необходимости, даются направляющие указания. В отдельных случаях студенты обращаются к преподавателю за индивидуальной консультацией. После внесения исправлений студенты сдают свои работы для повторной проверки.

Окончательные результаты проверки с разбором характерных ошибок рассматриваются преподавателем совместно со студентами в начале следующего практического занятия.

После устранения всех замечаний в работе, она считается выполненной и засчитывается в актив студента. Выполнив таким образом в течение семестра все восемь заданий, студент получает зачет по практическим занятиям.

В случае невыполнения студентом отдельного задания в сроки, установленные графиком работы, например в связи с отсутствием на занятии, студент обязан в индивидуальном порядке получить задание у преподавателя и выполнить работу до ее успешного завершения параллельно с участием в групповых плановых занятиях.

Без успешного выполнения всех предлагаемых заданий студент не допускается преподавателем к сдаче зачета по курсу.

Семинар №1. Расчет скорости звука в моногазовой среде и в смеси газов (2 часа).

Таблица 1.

№студента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
№задания	1 ^A _C	1 ^B _D	2 ^A _C	2 ^B _D	3 ^A _C	3 ^B _D	4 ^A _C	4 ^B _D	5 ^A _C	5 ^B _D	6 ^A _C	6 ^B _D	7 ^A _C	7 ^B _D	8 ^A _C	8 ^B _D	9 ^A _C	9 ^B _D	10 ^A _C	10 ^B _D	11 ^A _C	11 ^B _D	12 ^A _C	12 ^B _D	13 ^A _C

Задание А. Определите скорость звука в фреоне CCl₂F₂ (R-12) при $\gamma=1,15$ и температуре Т, указанной в таблице 2 в соответствии с № задания (атомарный вес: C=12; Cl=35,5; F=19).

Задание В. Определите скорость звука в фреоне C₂H₂F₄ (R-134) при $\gamma=1,15$ и температуре Т, указанной в таблице 2 (атомарный вес: C=12; H=1,01; F=19).

Задание С. Определите при Т=293 К и $p_{\text{атм}}=760$ мм Hg скорость звука «с» в смеси газов: азота и кислорода, объемное содержание которых в смеси $\alpha\%$ указано в таблице 2.

Задание D. Определите температуру Т смеси газов (N₂ и O₂), в которой $c=480$ м/с; объемное содержание газов в смеси « α »% указано в таблице 2.

Таблица 2.

Индекс задания	№задания	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	Параметр													
А и В	Т [К]	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313
С и D	N ₂ [%]	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82
	O ₂ [%]	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18

Семинар №2. Расчет звукового давления и колебательной скорости частиц среды в звуковой волне с помощью пространственно- временной зависимости потенциала скорости (2 часа).

Семинар №3. Расчет уровней звукового давления (УЗД) и интенсивности, а также плотности звуковой энергии в плоской гармонической бегущей волне (2 часа).

К №2. Определите звуковое давление и колебательную скорость в плоской гармонической бегущей волне в зависимости от времени «t» и координаты «x».

К №3. Определите УЗД и уровни интенсивности, а также плотность звуковой энергии при следующих исходных данных: $|\Phi| \left[\frac{m^2}{c} \right]$; $f [Гц]$; $T [K]$; $p_{атм} [кПа]$, значения которых для каждого варианта указаны в таблице.

Таблица.

№варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$ \Phi $	10^{-3}	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-4}$	10^{-2}	$2 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$	10^{-4}	10^{-4}
f	1000	500	800	1500	700	600	400	300	200	100	50	50	800	5000	10^4
T	293	283	290	285	280	295	275	270	300	310	305	270	290	270	280
$p_{атм}$	100	105	103	107	99	98	96	97	104	95	100	100	95	105	102

№варианта	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$ \Phi $	$2 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-3}$	$4 \cdot 10^{-2}$	$8 \cdot 10^{-2}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$
f	15000	1000	1200	100	300	5000	1000	1500	900	200
T	300	300	280	300	293	278	280	295	292	295
$p_{атм}$	103	100	105	107	96	100	104	99	102	98

Семинар №4. Расчет параметров отраженной и прошедшей звуковых волн при нормальном падении звука на границу раздела сред (2 часа).

Из воздуха нормально на поверхности воды падает плоская гармоническая волна с амплитудой давления $A_1 [Па]$ и частотой $f [Гц]$ при температуре воздуха $T_1 [K]$ и барометрическом давлении $p_{атм} [кПа]$. Плотность воды $\rho_2 = 1000 \frac{кг}{м^3}$; $c_2 = 1450 \frac{м}{с}$.

Задание 1. Определите интенсивности звука в падающей, отраженной и в прошедшей в воду волнах.

Задание 2. Вычислите амплитуды звукового давления и колебательной скорости, а также УЗД в воздухе на расстоянии 2м от поверхности воды, приняв ее абсолютно жесткой.

Таблица.

№варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A_1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
f	50	70	90	110	130	150	170	190	210	230	250	270	290	310	330
T_1	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289
$p_{атм}$	102	101,8	101,6	101,4	101,2	101	100,8	100,6	100,4	100,2	100	99,8	99,6	99,4	99,2

№варианта	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
A_1	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
f	350	370	390	410	430	450	470	490	510	530
T_1	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299
$p_{атм}$	99	98,8	98,6	98,4	98,2	98	97,8	97,6	97,4	97,2

Семинар №5. Расчет коэффициента звукопоглощения материала с известным акустическим импедансом (2 часа).

Семинар №6. Определение параметров звукового поля перед плоской поверхностью частично поглощающего звук материала (2 часа).

На плоскую поверхность материала, у которого нормальный акустический импеданс $\bar{z} = \text{Re}(\bar{z}) + j \text{Im}(\bar{z}) \left[\frac{\text{кг}^2}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right]$, падает из воздуха плоская гармоническая волна с амплитудой звукового давления $A [\text{Па}]$ и начальной фазой $\varphi_A = 0$ с частотой $f [\text{Гц}]$ при температуре $T = 273 \text{ К}$ и $p_{\text{атм}} = 760 \text{ ммHg}$. Значения параметров $\text{Re}(\bar{z})$, $\text{Im}(\bar{z})$, A и f приведены в таблице.

К №5. Определите в % коэффициент поглощения материала « α ».

К №6. Опишите стоячую волну « p_1 » перед поглощающим материалом в зависимости от расстояния до него « x » и от времени « t ».

Таблица.

№варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\text{Re}(\bar{z})$	650	850	1200	1000	430	430	650	210	1200	1700	100	100	200	600	320
$\text{Im}(\bar{z})$	430	220	100	600	430	-430	-1000	-210	-1200	1000	100	-100	300	-450	650
A	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
f	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900

№варианта	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\text{Re}(\bar{z})$	1500	860	1200	215	1000	2000	400	200	500	700
$\text{Im}(\bar{z})$	-1600	-1300	400	1700	-215	-1000	600	800	500	-250
A	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
f	2000	1900	1800	1700	1600	1500	1400	1300	1200	1100

Семинар №7. Расчет акустических характеристик материала по измеренным параметрам звуковой волны при ее распространении в волноводе (2 часа).

Определите коэффициент поглощения « α » и коэффициент отражения по давлению « R » и с его помощью по импеданс-диаграмме (см. рис.1) акустический импеданс материала « \bar{z} », используя данные измерений в трубе Кундта: L_{\max} [дБ]; L_{\min} [дБ]; расстояние до 1-ого L_{\min} Δx [м]; частоту звука f [Гц], температуру t [$^{\circ}C$], атмосферное давление $p_{\text{атм}}$ [ммHg], указанные в таблице.

Таблица.

№варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
L_{\max}	110	108	105	103	115	112	100	102	110	108	100	104	110	107	105	106	115
L_{\min}	100	101	95	96	100	100	95	96	102	100	96	95	100	99	95	98	100
Δx	0,13	0,12	0,1	0,08	0,05	0,07	0,055	0,09	0,15	0,13	0,3	0,25	0,2	0,16	0,14	0,18	0,08
f	100	900	500	1200	2000	1300	1500	1000	800	1100	250	300	400	600	700	500	1000
t	30	29	28	27	26	25	24	23	22	20	19	18	17	16	17	18	19
$p_{\text{ат}}$	720	722	724	726	728	730	732	734	736	738	740	742	744	746	748	750	752

№варианта	18	19	20	21	22	23	24	25
L_{\max}	112	100	109	110	111	100	113	110
L_{\min}	98	95	101	102	98	96	108	100
Δx	0,09	1,0	1,2	0,04	0,4	0,25	0,3	0,1
f	900	100	80	2000	200	400	350	500
t	20	21	22	23	24	25	26	27
$p_{\text{атм}}$	754	756	758	760	762	764	766	768

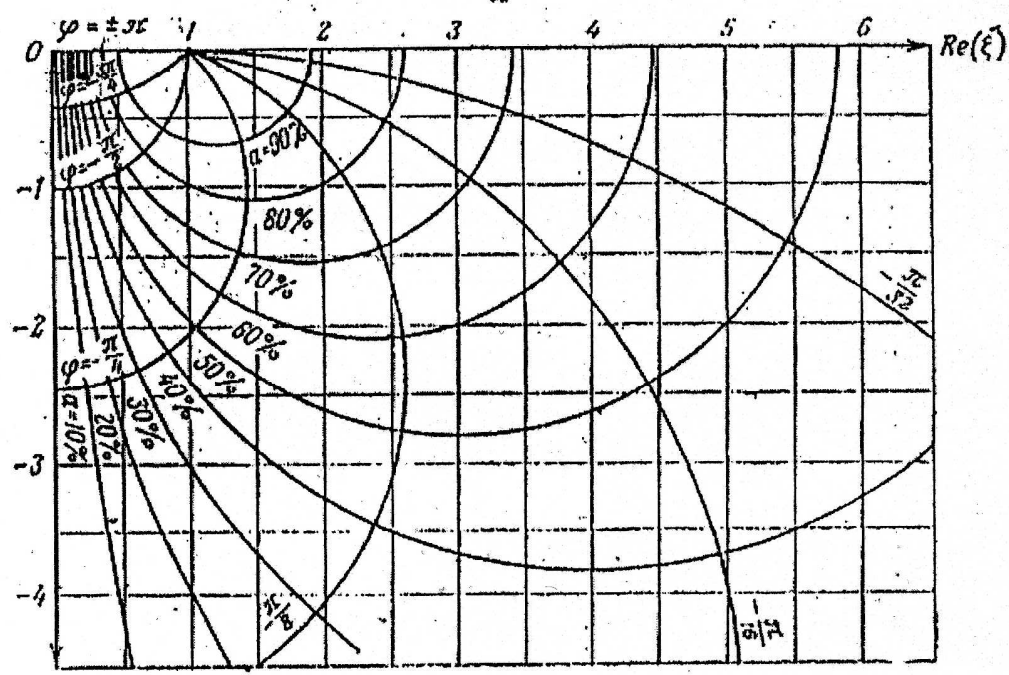
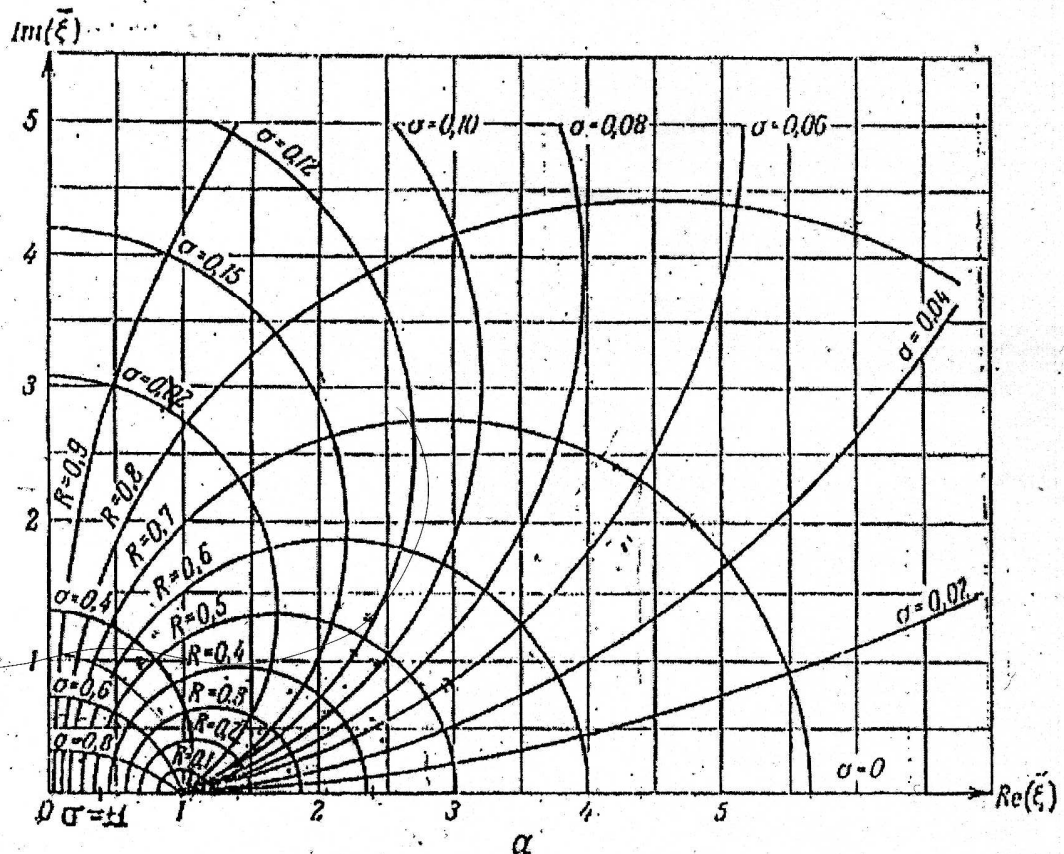


Рис.1. Импеданс – диаграмма.

а – окружности постоянной фазы ($\varphi = \pi \cdot \sigma$) и постоянного модуля коэффициента отражения R;

б – окружности постоянного коэффициента поглощения $\alpha = 1 - R^2$ в комплексной плоскости $\bar{\xi} = \bar{Z} / (\rho \cdot c)$

Семинар №8. Расчет интенсивности звука в прямой, отраженной и прошедшей волнах при наклонном падении волны на границу раздела сред (3часа).

На плоскую поверхность среды, характеризующейся плотностью $\rho_2 \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$ и скоростью звука $c_2 \left[\frac{\text{м}}{\text{с}} \right]$ из воздуха при $t=0^\circ\text{C}$ и $p_{\text{атм}}= 760 \text{ ммHg}$ под углом падения $\theta_1 \left[^\circ \right]$ падает плоская волна с амплитудой давления $p_a \left[\text{Па} \right]$. Значения параметров приведены в таблице.

Вычислите интенсивность звука в падающей J_i , отраженной J_R и прошедшей J_t волнах, а также найдите углы θ_1 , при которых волна из воздуха не пройдет в среду.

Таблица.

№варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ρ_2	1,5	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	1,6	2,0
c_2	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500	360	400
θ_1	70	60	58	55	52	50	48	47	46	45	42	40	38	37	36	35	65	55
p_a	10	8	6	4	2	10	8	6	4	2	3	5	7	9	11	13	12	5

№варианта	19	20	21	22	23	24	25
ρ_2	2,75	1,6	1,75	3,0	2,5	1,85	1,95
c_2	450	350	370	480	400	375	385
θ_1	45	60	55	40	45	57	53
p_a	10	2	5	10	8	5	3