

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Кафедра ДЛА

**ЖУРНАЛ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
по дисциплине
*"КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ
АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ"***

Москва -

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Кафедра ДЛА

**ЖУРНАЛ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
по дисциплине
*"КОНСТРУКЦИЯ И ПРОЧНОСТЬ
АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ"***

Студент (Ф.И.О.) _____

Факультет - Курс - Учебная группа - Подгруппа _____

Номер зачетной книжки _____

*Журнал должен быть представлен
на зачете и экзамене по дисциплине "КиПАД"*

Отметка преподавателя о зачете
лабораторных работ

“ _____ ” _____ 200__ г.

СОДЕРЖАНИЕ

Общие замечания. Правила подготовки и выполнения лабораторных работ.....	3
Отчет по работе № 1. Исследование спектра собственных частот и форм колебаний рабочей лопатки (компрессора).....	4
Отчет по работе № 2. Исследование спектра собственных частот и форм колебаний диска, заземленного в центре	11
Отчет по работе № 3. Исследование критических частот вращения однодискового ротора	17
Отчет по работе № 4. Исследование критических частот вращения ротора в системе "ротор-корпус"	21
Отчет по работе № 5. Исследование спектра собственных частот и форм колебаний цилиндрической оболочки	26

Методическая разработка к выполнению лабораторных работ по курсу "Конструкция и прочность АД" издается в соответствии с учебной программой для студентов специальности 160901 всех форм обучения.

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ДЛА ____ апреля 2006 г. и совета механического факультета _____ 2006 г.

Разработал: д.т.н., доц. Б.А. Чичков

Научный редактор, рецензент: д.т.н., проф. В.А. Пивоваров

ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ.

ПРАВИЛА ПОДГОТОВКИ и ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Журнал включает отчеты по лабораторным работам разделов курса дисциплины "Конструкция и прочность АД" ("КиП АД"):

- "Колебания и динамическая прочность элементов АД",

- "Критические частоты вращения роторов АД".

2. Лабораторные работы проводятся с целью:

- закрепления теоретических знаний по разделам курса "КиП АД",

- изучения экспериментальных методов исследования вопросов соответствующих разделов курса,

- изучения и практического освоения установок, приспособлений, средств измерения, используемых в исследованиях.

3. Лабораторная работа является самостоятельной индивидуальной работой студента. Для проведения экспериментальной части студенты разбиваются на бригады по 3-5 человек с дальнейшим обязательным прохождением полного цикла экспериментальной части работы при участии каждого члена бригады.

4. В процессе подготовки к лабораторным работам студент обязан изучить соответствующие методические указания, руководства и инструкции (на рабочем месте), разделы конспекта лекций и учебника.

5. Степень готовности студента к выполнению лабораторной работы устанавливается по результатам проведения контрольного опроса.

Студенты, показавшие неудовлетворительные результаты контрольного опроса, к выполнению лабораторной работы не допускаются.

6. По результатам выполнения лабораторной работы студентом оформляется отчет, представляемый преподавателю в конце каждого занятия. Журнал должен быть представлен на зачете и экзамене по дисциплине "КиП АД".

7. Журнал должен заполняться чернилами.

8. Перед выполнением лабораторных работ студент должен пройти инструктаж по охране труда и неукоснительно соблюдать установленные требования. Особое внимание следует обращать на индивидуальные особенности лабораторных установок и требования к работе на конкретных рабочих мест.

Отчет по работе № 1.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ И ФОРМ
КОЛЕБАНИЙ РАБОЧЕЙ ЛОПАТКИ (КОМПРЕССОРА)

1.1. Цель лабораторной работы

1.2. Расчетная схема лопатки

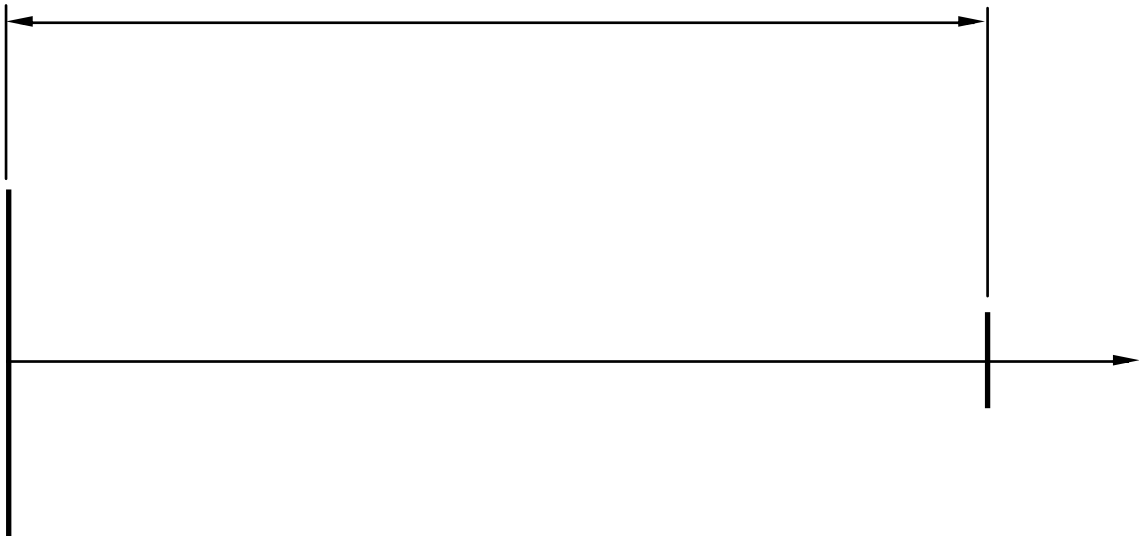


Рис.1.1. Расчетная схема лопатки

Таблица 1.1

Исходные данные расчета f_1 (собственной частоты колебаний рабочей лопатки по первой изгибной форме)

$i(k)$	1	2	3	4	5
характеристика					
$F_i \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2$					
$J_k \cdot 10^{-8}, \text{ м}^4$					
$\ell, \text{ м}$	0.154				
$\rho, \text{ кг/м}^3$	7800				
$E, \text{ Па}$	$2 \cdot 10^{11}$				

Таблица 1.2

Результаты расчета f_1

$J_k \cdot 10^{-8}, \text{ м}^4$							
k	1	2	3	4	$\sum \frac{(i-k)^2}{J_k}, \text{ м}^{-4}$	$F_i \cdot 10^{-4}, \text{ м}^2$	$F_i \cdot \sum \frac{(i-k)^2}{J_k}, \text{ м}^{-4}$
i							
5							
4							
3							
2							
$X_5, \text{ м}^{-2}$							
$f_1, \text{ с}^{-1}$							

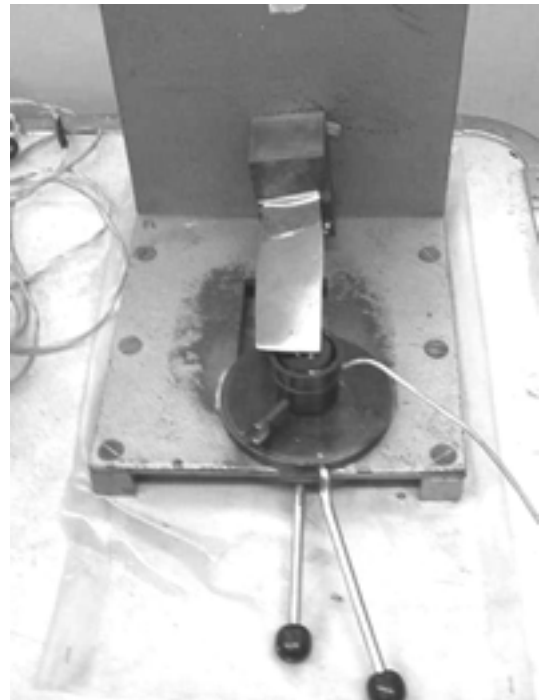
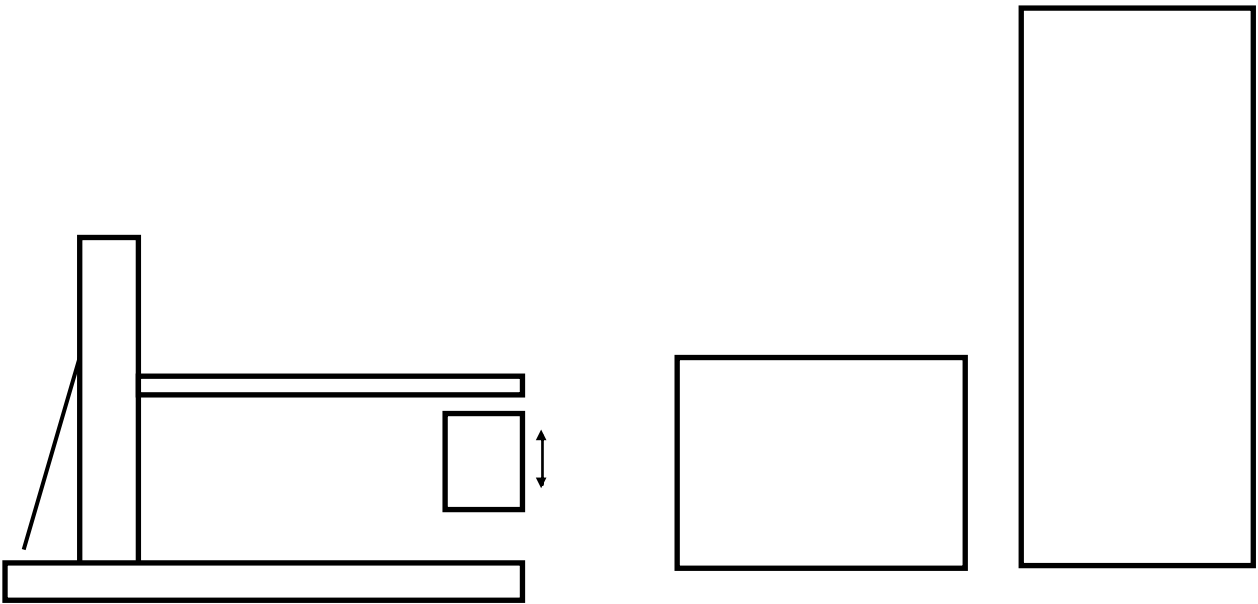
$X_5 =$
 $f_1 =$


Рис.1.2. Схема лабораторной установки

1-

2-

Таблица 1.3

Результаты эксперимента (рисунки узловых линий и экспериментальные значения собственных частот колебаний)

$m \backslash n$	1	2	3	4
1	 $f_{\text{эксп}} = \quad \Gamma_{\text{Ц}}, f_{\text{теор}} =$	 $f_{\text{эксп}} =$	 $f_{\text{эксп}} =$	 $f_{\text{эксп}} =$
2	 $f_{\text{эксп}} =$	 $f_{\text{эксп}} =$	 $f_{\text{эксп}} =$	 $f_{\text{эксп}} =$
3	 $f_{\text{эксп}} =$	 $f_{\text{эксп}} =$	 $f_{\text{эксп}} =$	 $f_{\text{эксп}} =$

--	--	--	--	--

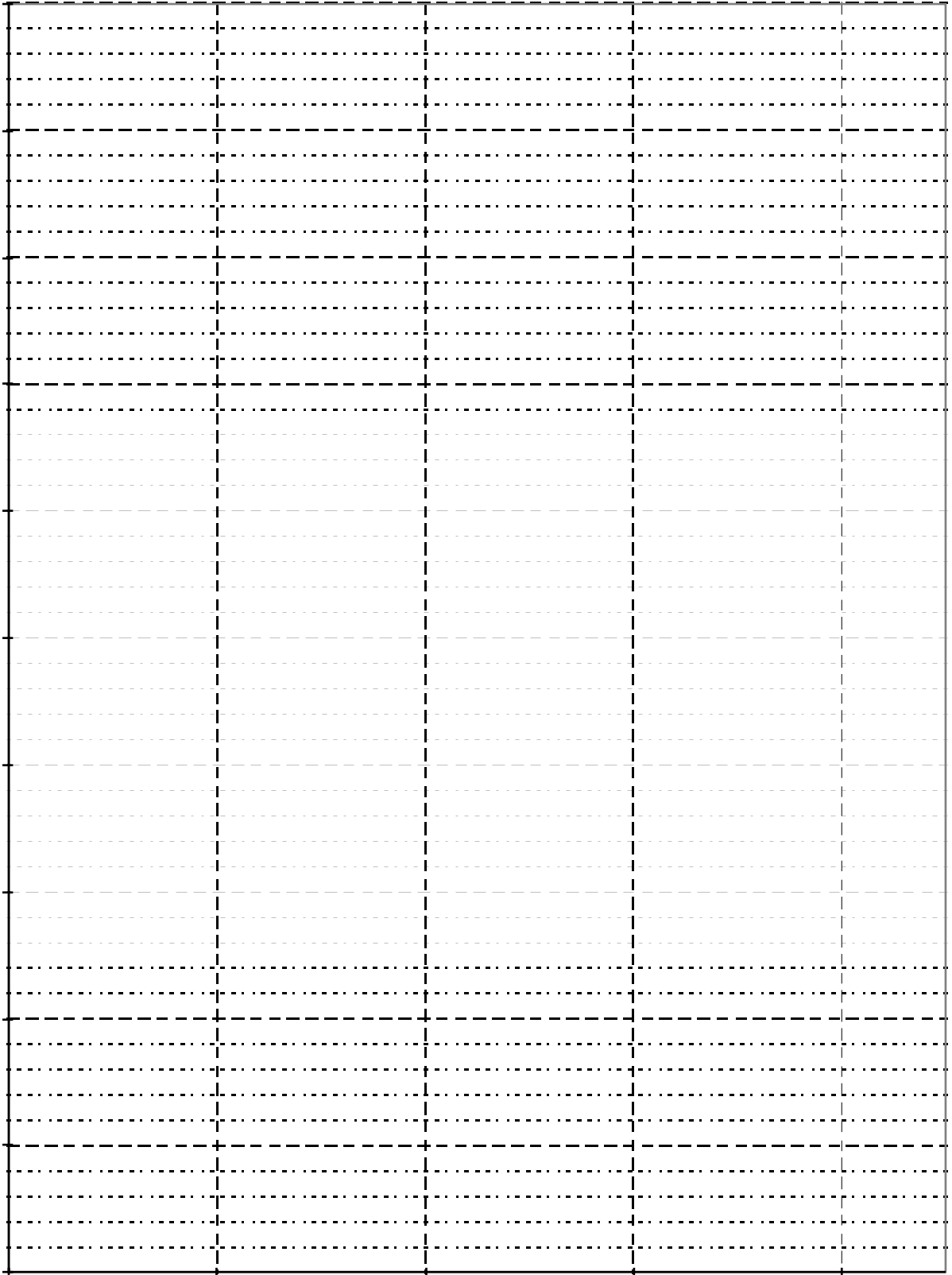


Рис. 1.3. Частотные диаграммы

1.3. Для записей, вычислений

1.4. Выводы

Работа выполнена " ____ " _____ 200__ _____
(подпись)

Работа зачтена "___" _____ 200__ (подпись)

Отчет по работе № 2.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ И ФОРМ КОЛЕБАНИЙ ДИСКА, ЗАЦЕМЛЕННОГО В ЦЕНТРЕ

2.1. Цель лабораторной работы

2.2.

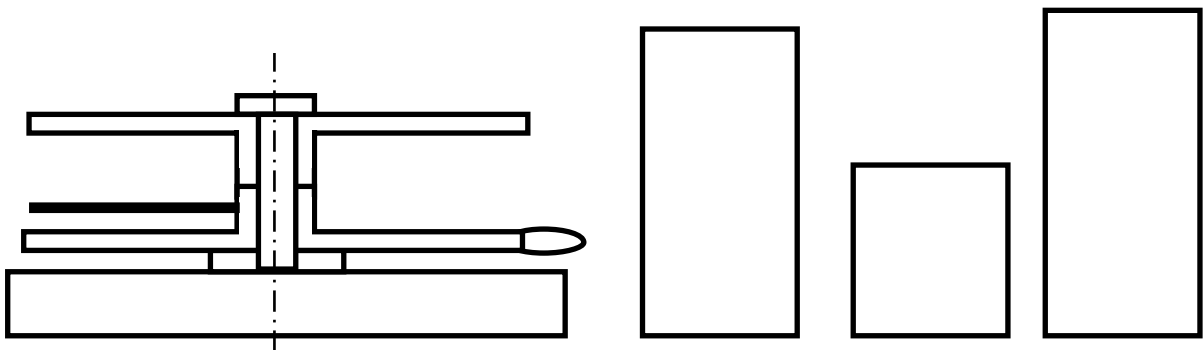


Рис. 2.1. Схема лабораторной установки

1-
2-

2.3. Исходные данные расчета значений собственных частот колебаний
(параметры объекта исследования - диска)

Радиус	$R=$	м.
Толщина	$h=$	м.
Модуль упругости материала	$E=$	Па.
Коэффициент Пуассона	$\mu=$.
Плотность материала	$\rho=$	кг/м ³ .

2.4. Для вычислений, записей

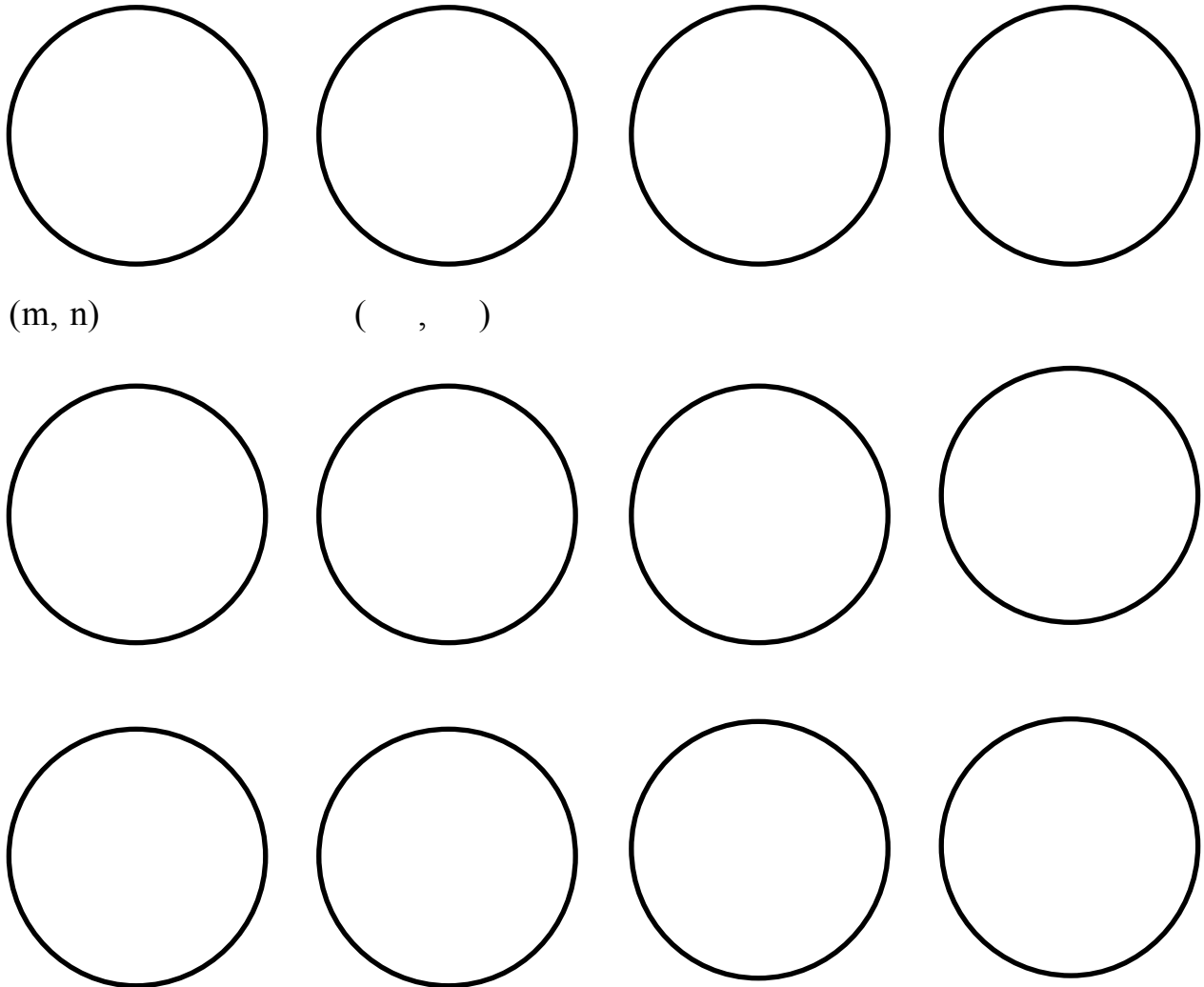


Рис.2.2. Узловые линии при различных формах колебаний

Комментарии:

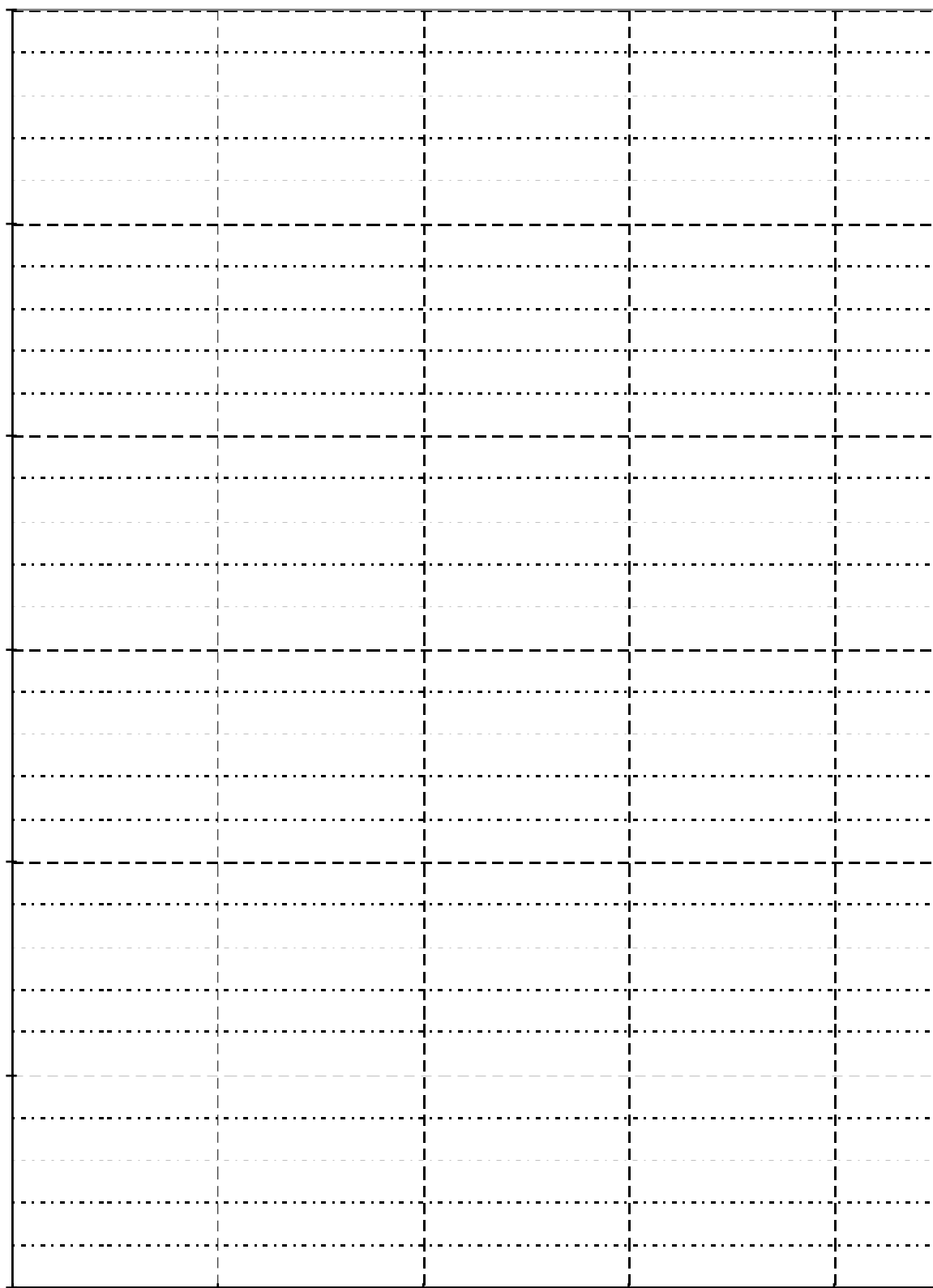


Рис.2.3. Частотные диаграммы

2.5. Выводы

Работа выполнена " ____ " _____ 200__ _____
(подпись)

Работа зачтена " ____ " _____ 200__ _____
(подпись)

Отчет по работе № 3.

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ
ОДНОДИСКОВОГО РОТОРА

3.1. Цель лабораторной работы

3.2. Исходные данные расчета значений критических частот
(параметры объекта исследования)

Масса диска ротора $m_d =$ кг.

Длина вала между опорами $\ell =$ м.

Модуль упругости материала вала $E =$ Па.

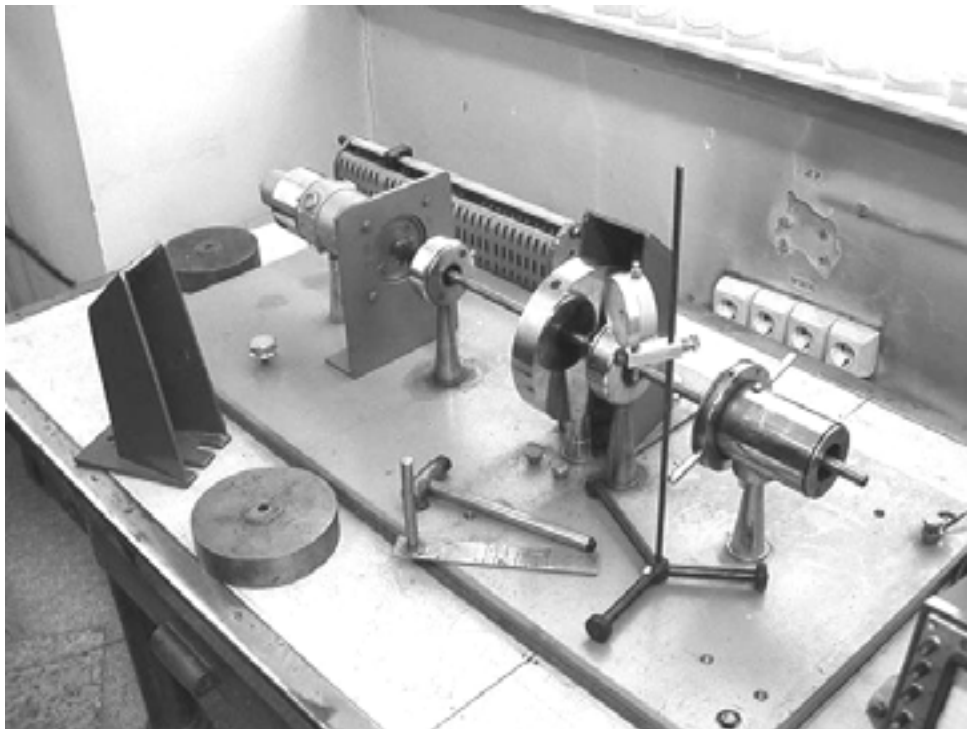
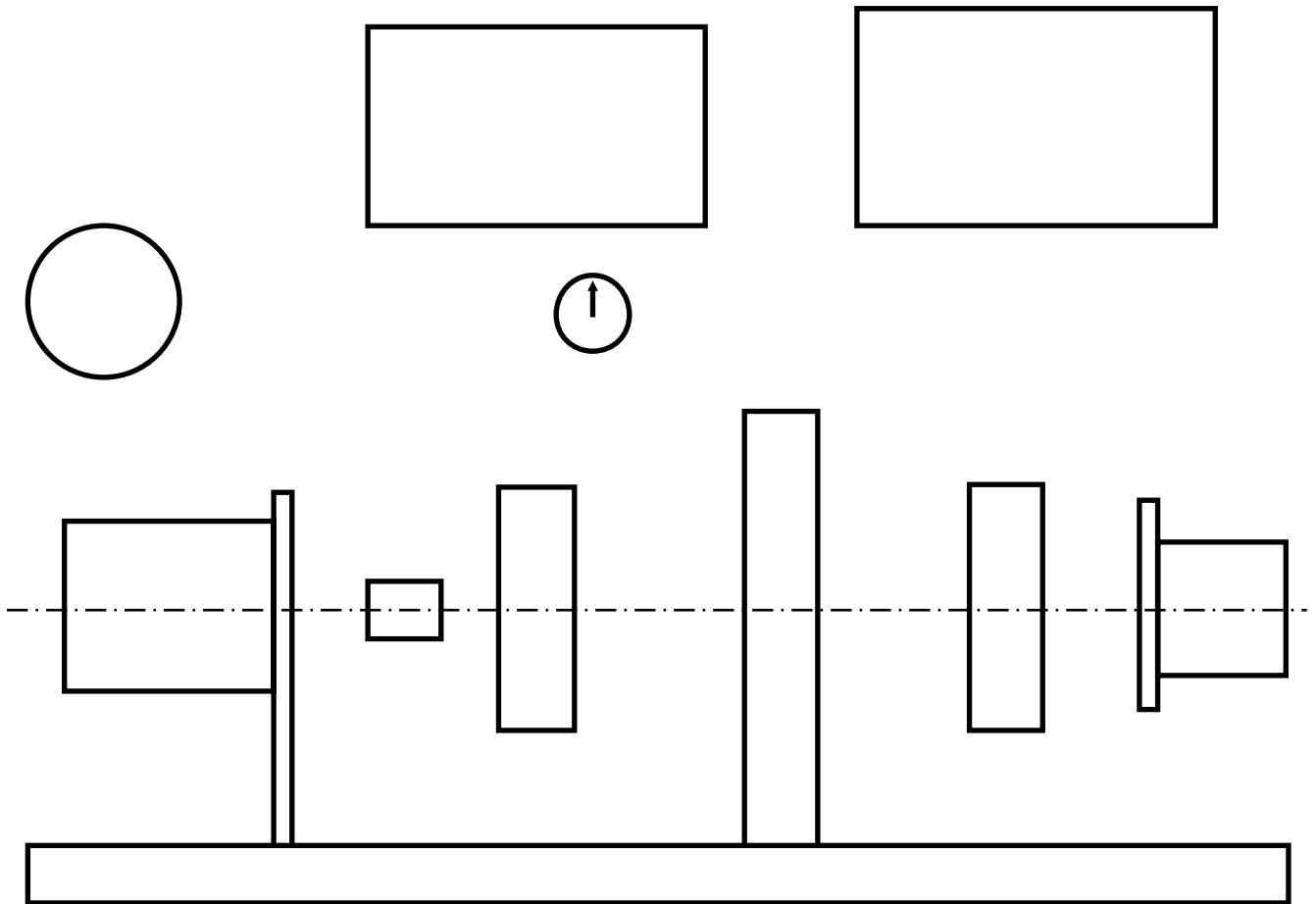


Рис.3.1. Схема лабораторной установки

2-

3.3. Определение критической частоты вращения ротора $n_{кр}$

3.3.1. Теоретическое определение $n_{кр}$

3.3.2. Определение $n_{кр}$ по частоте собственных колебаний

3.3.3. Экспериментальное определение $n_{кр}$ по статическому прогибу

Таблица 3.1

К экспериментальному определению $n_{кр}$ по статическому прогибу

Масса груза, кг	Показания индикатора $Y \cdot 10^{-5}$, м			Коэффициент жесткости $C \cdot 10^{-4}$, Н/м	Средний коэффициент жесткости $C_{ср} \cdot 10^{-4}$, Н/м
	при нагружении Y_H	при разгрузке Y_p	среднее $Y_{ср}$		

$$n_{кр} =$$

3.4. Экспериментальное определение критической частоты вращения ротора

$$n_{кр} =$$

3.5. Выводы

Работа выполнена "___" _____ 200__ (подпись)

Работа зачтена "___" _____ 200__ (подпись)

Отчет по работе № 4.

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА В СИСТЕМЕ "РОТОР-КОРПУС"

4.1. Цель лабораторной работы

4.2. Параметры лабораторной установки

Модуль упругости материала вала и шпилек

$E_B = E_{\text{шп}} =$

Па.

Диаметр вала

$d_1 =$ м.

Диаметр шпилек

 $d_{\text{шп}} =$ м.

Число шпилек

 $i =$.

Расстояние между опорами

 $l =$ м.

Расстояние от жесткой опоры до точки крепления диска

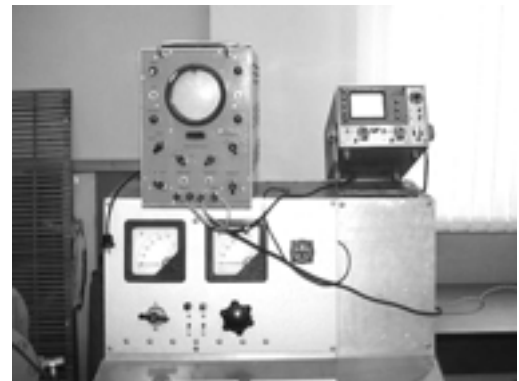
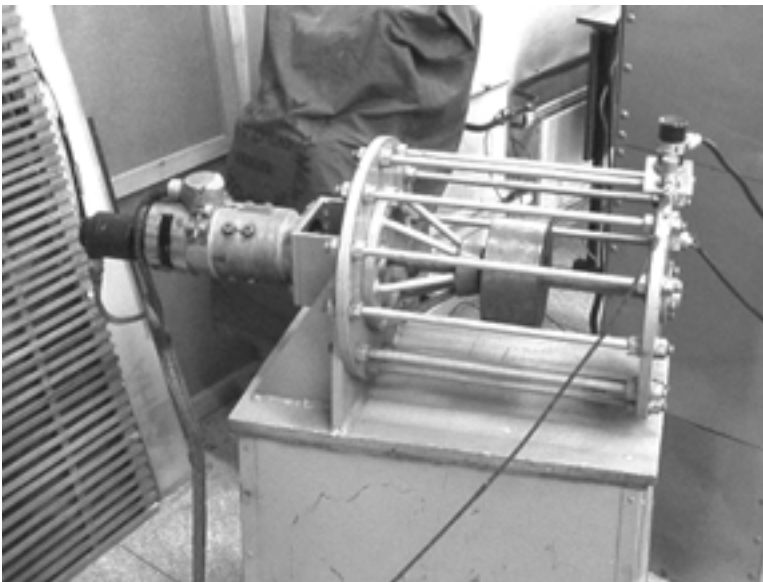
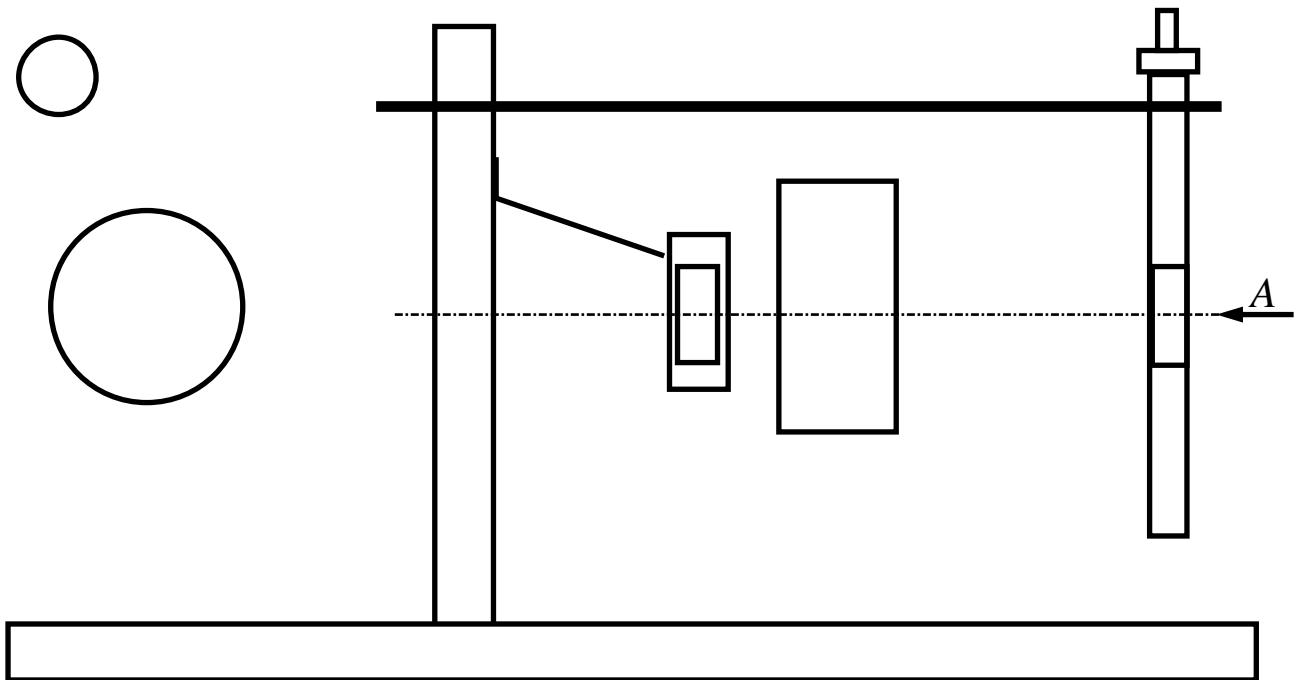
 $l_1 =$ м.

Рис.4.1. Схема лабораторной установки

1-
2-

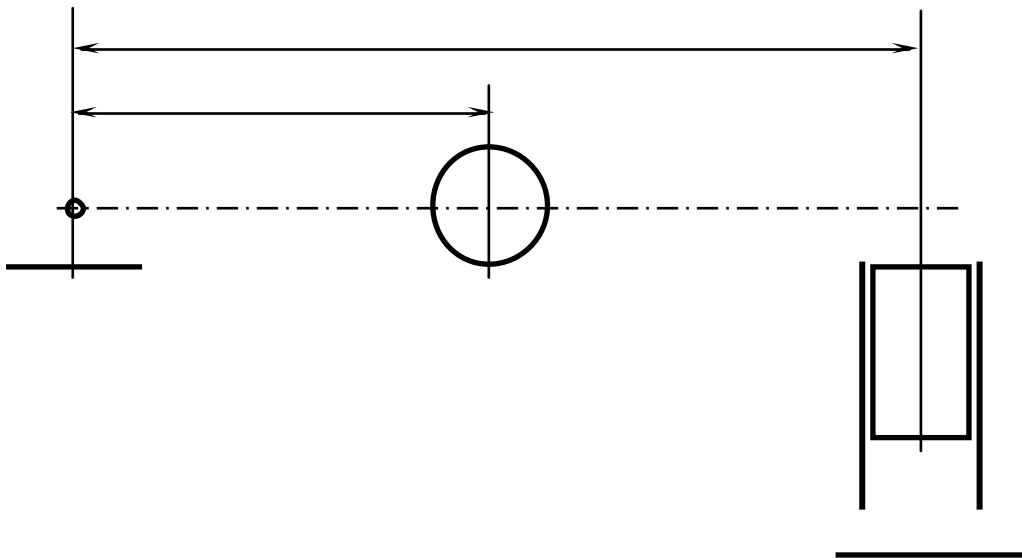


Рис.4.2. Схема эквивалентной системы

4.3. Параметры эквивалентной системы

Приведенная масса ротора $m_1 =$ кг.

Приведенная масса податливой опоры $m_2 =$ кг.

(см. также параметры установки)

4.4. Понятие динамической жесткости

4.5. Теоретическое определение критических частот вращения

$$n^{\text{теор}}_1 =$$

$$n^{\text{теор}}_2 =$$

4.6. Экспериментальное определение критических частот вращения

$$n^{\text{эксп}}_1 =$$

$$n^{\text{эксп}}_2 =$$

4.7. Выводы

Работа выполнена "___" _____ 200__ (подпись)

Работа зачтена "___" _____ 200__ (подпись)

Отчет по работе № 5.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРА СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ И ФОРМ КОЛЕБАНИЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ

5.1. Цель лабораторной работы

5.2.

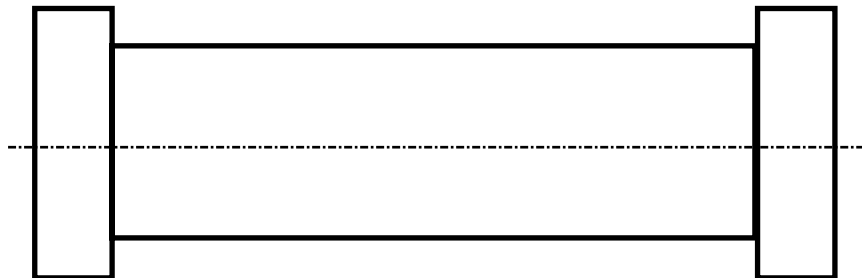




Рис.5.1. Схема лабораторной установки

1-
2-

5.3. Формы осесимметричных колебаний цилиндрической оболочки

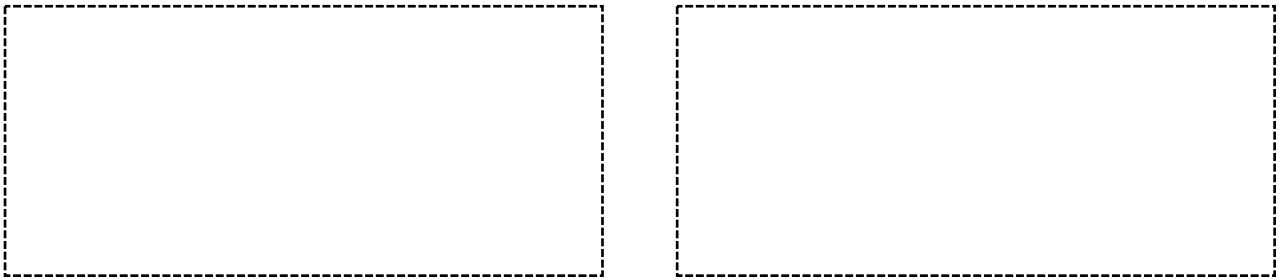
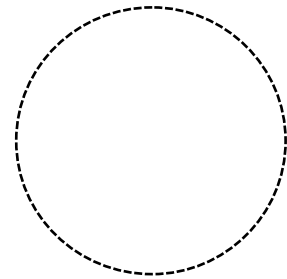
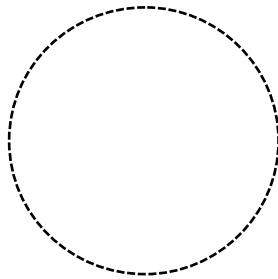
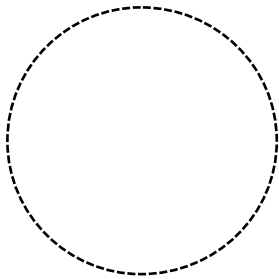
 $n =$ $n =$  $q =$ $q =$ $q =$

Рис. 5.2. Положение срединной поверхности при некоторых формах радиальных колебаний

Комментарии:

5.4. Исходные данные расчета значений собственных частот
(параметры объекта исследования)

Толщина оболочки	$\delta =$	м.
Радиус оболочки	$r =$	м.
Длина оболочки	$\ell =$	м.
Плотность материала оболочки	$\rho =$	кг/м ³ .
Модуль упругости материала оболочки	$E =$	Па.
Коэффициент Пуассона	$\mu =$.

5.5. Формула для расчета значений собственных частот колебаний
цилиндрической оболочки (в обозначениях пп. 5.4)

Таблица 5.1

Результаты определения значений собственных
частот колебаний оболочки

$n =$

q	$f^{\text{теор}}, \text{Гц}$	$f^{\text{эксп}}, \text{Гц}$	$\Delta f, \%$

2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

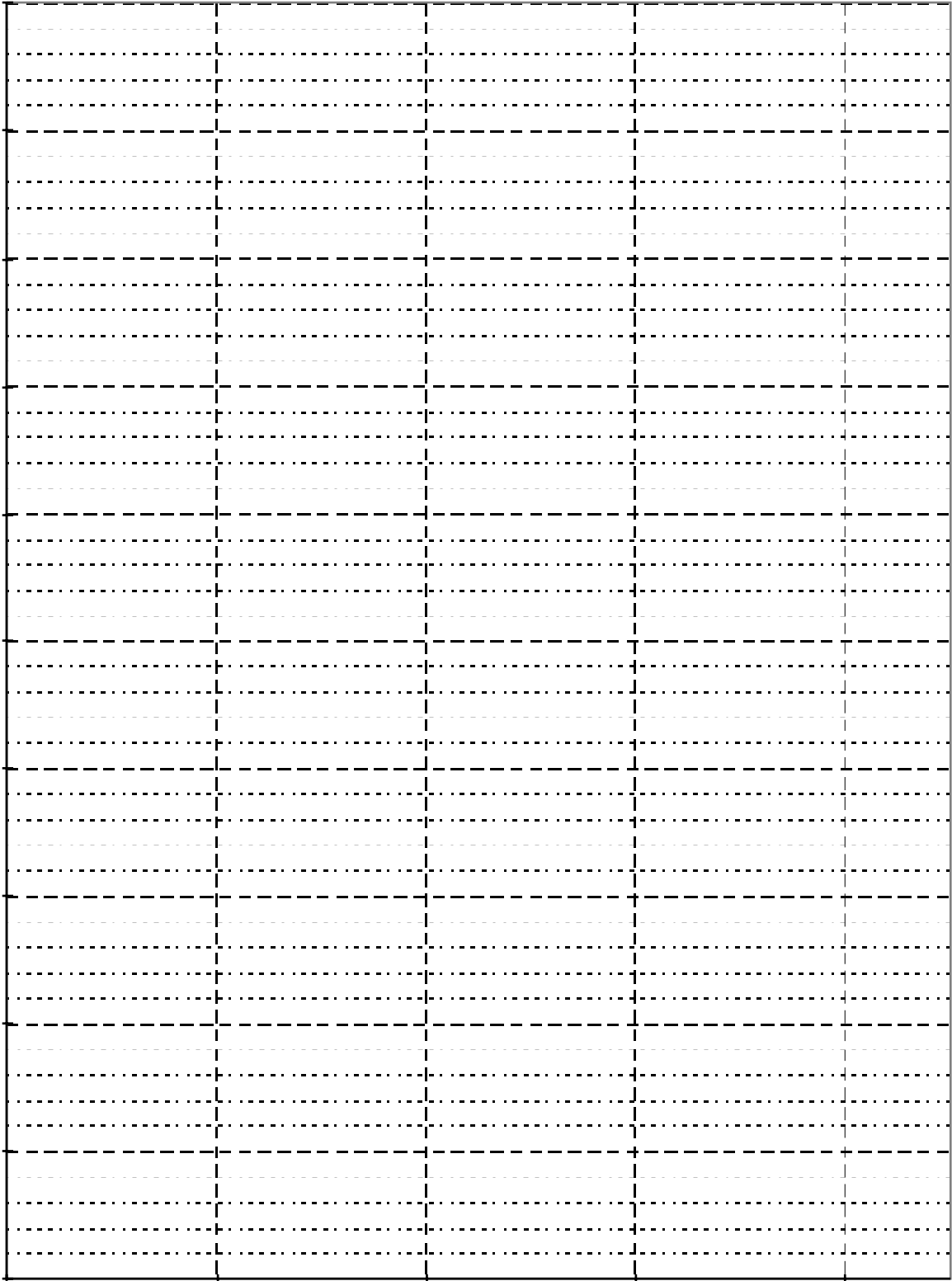


Рис.5.3. Частотные диаграммы

5.6. ВЫВОДЫ

Работа выполнена " ___ " _____ 200__ _____
Работа зачтена " ___ " _____ 200__ _____
(подпись)

ЛИТЕРАТУРА

1. Основная

Умушкин Б.П., Иванов В.П., Чичков Б.А. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине “Конструкция и прочность авиационных двигателей” для студентов специальности 13.03, обучающихся по направлению 552000, всех форм обучения.-М.: МГТУ ГА, 1996.- 76 с.

2. Дополнительная

2.1. Конструкция и прочность авиационных двигателей. Под редакцией Л.П. Лозицкого. М.: "Воздушный транспорт", 1992 г.- 536 с.

2.2. Скубачевский Г.С. Авиационные газотурбинные двигатели. Конструкция и расчет деталей.-М.: Машиностроение, 1981.-560 с.

2.3. Умушкин Б.П. Прочность и динамика узлов авиационных ГТД. Конспект лекций. М.: МГТУ ГА, 1994.-84 с.

2.4. Хронин Д.В. Колебания в двигателях летательных аппаратов.- М.: Машиностроение, 1980.-296 с.

Для дополнений