

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”

ДЕКАН ФЛА

д.т.н. Саленко С. Д.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Практикум по аналитической динамике и теории колебаний

Образовательная программа: 15.03.03 Прикладная механика, профиль: Динамика и прочность

Курс: 3, семестр : 6

Факультет летательных аппаратов,

		Семестр
№	Вид деятельности	6
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	6
2	Всего часов	216
3	Всего занятий в контактной форме, час.	120
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	54
6	Лабораторные занятия, час.	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	10
10	Самостоятельная работа, час.	96
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ контр.
12	Вид аттестации	Э

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 15.03.03 Прикладная механика

ФГОС введен в действие приказом №220 от 12.03.2015 г. , дата утверждения: 16.04.2015 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 15.03.03 Прикладная механика

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ПЛА, протокол заседания кафедры №5/1 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета летательных аппаратов, протокол № 5 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Белоусов А. И.

Заведующий кафедрой:

профессор, д.т.н. Пустовой Н. В.

Ответственный за образовательную программу:

профессор Левин В. Е.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.4 способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности; в части следующих результатов обучения:	
з1. знать современные тенденции развития техники и технологий в прикладной механике	
у2. уметь учитывать современные тенденции при решении задач прикладной механики	
Компетенция ФГОС: ОПК.6 умением собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии; в части следующих результатов обучения:	
з1. знать достижения отечественной и зарубежной науки в области прикладной механики	
Компетенция ФГОС: ПК.1 способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат; в части следующих результатов обучения:	
з5. знать основные уравнения движения для материальной точки и твердого тела	
з9. знать основные уравнения аналитической динамики и теории колебаний	
у3. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов теории колебаний	
у6. уметь решать задачи о движении материальной точки и твердого тела	
Компетенция ФГОС: ПК.3 готовность выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям; в части следующих результатов обучения:	
у3. уметь определять собственные частоты систем с несколькими степенями свободы	
у4. уметь составлять и решать уравнения движения	
Компетенция НГТУ: ПК.33.В/РЭ готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям; в части следующих результатов обучения:	
у1. владеть навыками расчетов аналитическими методами прикладной механики деталей машин и элементов конструкций	
у7. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций аналитическими и вычислительными методами прикладной механики	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Практикум по аналитической динамике и теории колебаний</i>	
ПК.1.з9 знать основные уравнения аналитической динамики и теории колебаний	
1. знать основные уравнения аналитической динамики и теории колебаний	Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.1.з5 знать основные уравнения движения для материальной точки и твердого тела	
2. знать основные уравнения движения для материальной точки и твердого тела	Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.1.у6 уметь решать задачи о движении материальной точки и твердого тела	
3. уметь решать задачи о движении материальной точки и твердого тела	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.у3 уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов теории колебаний	

4.уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов теории колебаний	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.3.у3 уметь определять собственные частоты систем с несколькими степенями свободы	
5.уметь определять собственные частоты систем с несколькими степенями свободы	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ПК.3.у4 уметь составлять и решать уравнения движения	
6.уметь составлять и решать уравнения движения	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.4.з1 знать современные тенденции развития техники и технологий в прикладной механике	
7.знать современные тенденции развития техники и технологий в прикладной механике	Практические занятия; Самостоятельная работа
ОПК.4.у2 уметь учитывать современные тенденции при решении задач прикладной механики	
8.уметь учитывать современные тенденции при решении задач прикладной механики	Практические занятия; Самостоятельная работа
ОПК.6.з1 знать достижения отечественной и зарубежной науки в области прикладной механики	
9.знать достижения отечественной и зарубежной науки в области прикладной механики	Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.33.В/РЭ.у1 владеть навыками расчетов аналитическими методами прикладной механики деталей машин и элементов конструкций	
10.владеть навыками расчетов аналитическими методами прикладной механики деталей машин и элементов конструкций	Лекции; Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.33.В/РЭ.у7 уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций аналитическими и вычислительными методами прикладной механики	
11.уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций аналитическими и вычислительными методами прикладной механики	Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лекций	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения
Семестр: 6			
Дидактическая единица: Колебания систем с одной степенью свободы			
1. Классификация колебательных систем и процессов	0	6	
Дидактическая единица: Колебания систем с несколькими степенями свободы			
2. Колебания систем с конечным числом степеней свободы	0	6	3
3. Минимаксимальные свойства функции Релея	0	4	4
4. Вынужденные колебания. Гармонические коэффициенты влияния.	0	4	5
5. Динамический гаситель колебаний	0	4	6
Дидактическая единица: Колебания систем с распределенными параметрами			
6. Продольные и крутильные колебания балки	0	8	10
7. Вынужденные колебания.Разложение по формам собственных колебаний.	0	4	10

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				
Дидактическая единица: Колебания систем с одной степенью свободы				
1. Экспериментальное исследование динамических свойств системы с одной степенью свободы	0	6	1	Экспериментальное определение АЧХ системы с одной степенью свободы
Дидактическая единица: Колебания систем с несколькими степенями свободы				
2. Экспериментальное исследование динамических свойств системы с двумя степенями свободы	0	6	5, 6	Экспериментальное построение АЧХ системы с двумя степенями свободы
Дидактическая единица: Колебания систем с распределенными параметрами				
3. Экспериментальное определение собственных частот и форм поперечных колебаний упругой балки	0	6	1, 11, 4, 6	Экспериментальное определение модальных характеристик балки

Таблица 3.3

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				
Дидактическая единица: Колебания систем с одной степенью свободы				
1. Уравнение колебаний простого осциллятора	0	10	2	На примере системы с одной степенью свободы студент знакомится с ключевыми понятиями динамики
Дидактическая единица: Колебания систем с несколькими степенями свободы				
2. Расчет собственных частот и форм колебаний систем с конечным числом степеней свободы с использованием свойств симметрии	0	10	7	Студент практикуется составлять уравнения движения
3. Анализ частот при дополнительных связях и при изменении жесткости и инерции	0	4	8	Студент получает навыки работы вычисления частот собственных колебаний систем при изменении ее параметров
4. Расчет собственных частот и векторов с использованием свойств симметрии	0	8	9	Свойства симметрии
6. Итерационные схемы расчета собственных колебаний	0	6	10	Метод простой итерации
7. Вынужденные движения систем с конечным числом степеней свободы	0	6	8	Движение при гармоническом воздействии
Дидактическая единица: Колебания систем с распределенными параметрами				
8. Продольные и крутильные колебания стержней	0	10	10	Построение собственных функций

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 6				
1	Контрольные работы	4, 5, 6, 7	8	0
: Теория колебаний. Ч. 2 : методическое руководство к решению задач по курсу "Аналитическая динамика и теория колебаний" для 3 курса дневного отделения Факультета летательных аппаратов по специальности 150301 - Динамика и прочность машин / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Белоусов, Г. И. Расторгуев]. - Новосибирск, 2007. - 57, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/2007_3252.rar				
2	РГЗ	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	20	0
: Теория колебаний. Ч. 2 : методическое руководство к решению задач по курсу "Аналитическая динамика и теория колебаний" для 3 курса дневного отделения Факультета летательных аппаратов по специальности 150301 - Динамика и прочность машин / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Белоусов, Г. И. Расторгуев]. - Новосибирск, 2007. - 57, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/2007_3252.rar				
3	Подготовка к занятиям	1, 2, 3	36	10
: Теория колебаний. Ч. 2 : методическое руководство к решению задач по курсу "Аналитическая динамика и теория колебаний" для 3 курса дневного отделения Факультета летательных аппаратов по специальности 150301 - Динамика и прочность машин / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Белоусов, Г. И. Расторгуев]. - Новосибирск, 2007. - 57, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/2007_3252.rar				
4	Дополнительная учебная деятельность	1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	20	0
: Теория колебаний. Ч. 2 : методическое руководство к решению задач по курсу "Аналитическая динамика и теория колебаний" для 3 курса дневного отделения Факультета летательных аппаратов по специальности 150301 - Динамика и прочность машин / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Белоусов, Г. И. Расторгуев]. - Новосибирск, 2007. - 57, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/2007_3252.rar				
5	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	12	0
: Теория колебаний. Ч. 2 : методическое руководство к решению задач по курсу "Аналитическая динамика и теория колебаний" для 3 курса дневного отделения Факультета летательных аппаратов по специальности 150301 - Динамика и прочность машин / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Белоусов, Г. И. Расторгуев]. - Новосибирск, 2007. - 57, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/2007_3252.rar				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	e-mail
Консультирование	e-mail
Контроль	e-mail
Размещение учебных материалов	ЭБС

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Максимальный балл
Семестр: 6	
РГЗ:	40
Контролирующие материалы приводятся в "Теория колебаний. Ч. 2 : методическое руководство к решению задач по курсу "Аналитическая динамика и теория колебаний" для 3 курса дневного отделения Факультета летательных аппаратов по специальности 150301 - Динамика и прочность машин / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Белоусов, Г. И. Расторгуев]. - Новосибирск, 2007. - 57, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/2007_3252.rar	
Экзамен:	60
Контролирующие материалы - список вопросов	

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля		
		Контр. раб.	Защита РГЗ	Экзамен
ОПК.4	з1. знать современные тенденции развития техники и технологий в прикладной механике			+
	у2. уметь учитывать современные тенденции при решении задач прикладной механики			+
ОПК.6	з1. знать достижения отечественной и зарубежной науки в области прикладной механики			+
ПК.1	з5. знать основные уравнения движения для материальной точки и твердого тела			+
	з9. знать основные уравнения аналитической динамики и теории колебаний			+
	у3. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов теории колебаний		+	+
	у6. уметь решать задачи о движении материальной точки и твердого тела	+		+
ПК.3	у3. уметь определять собственные частоты систем с несколькими степенями свободы			+
	у4. уметь составлять и решать уравнения движения			+
	ПК.33.В/РЭ у1. владеть навыками расчетов аналитическими методами прикладной механики деталей машин и элементов конструкций		+	+
	ПК.33.В/РЭ у7. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций аналитическими и вычислительными методами прикладной механики			+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Гантмахер Ф. Р. Лекции по аналитической механике : [учеб. пособие для вузов] / под ред. Е. С. Пятницкого. - М., 2001. - 262 с.
2. Бабаков И. М. Теория колебаний : [учебное пособие для вузов по техническим направлениям и специальностям] / И. М. Бабаков. - М., 2004. - 592 с. : ил.
3. Вибрации в технике. В 6 т.. Т. 3. Колебания машин, конструкций и их элементов : справочник / [Э. Л. Айрапетов и др.] ; под ред. Ф. М. Диментберга и К. С. Колесникова. - М., 1980. - 544 с. : ил.
4. Светлицкий В. А. Сборник задач по теории колебаний : учебное пособие для высших технических учебных заведений / В. А. Светлицкий, И. В. Стасенко. - М., 1973. - 454 с.
5. Пановко Я. Г. Введение в теорию механических колебаний : Учеб. пособие для втузов / Я. Г. Пановко. - М., 1971. - 239 с. : ил.

Дополнительная литература

1. Гантмахер Ф. Р. Теория матриц / Ф. Р. Гантмахер. - М., 2004. - 559 с.
2. Бишоп Р. Е. Колебания / Р. Бишоп ; пер. с англ. М. Ф. Диментберга, К. В. Фролова ; под ред. и с доп. Я. Г. Пановко. - М., 1986. - 189, [1] с.
3. Журавлев В. Ф. Основы теоретической механики / В. Ф. Журавлев. - М., 2001. - 319 с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Теория колебаний. Ч. 2 : методическое руководство к решению задач по курсу "Аналитическая динамика и теория колебаний" для 3 курса дневного отделения Факультета летательных аппаратов по специальности 150301 - Динамика и прочность машин / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Белоусов, Г. И. Расторгуев]. - Новосибирск, 2007. - 57, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/2007_3252.rar
2. Теория колебаний. Ч. 2 : методическое руководство к решению задач по курсу "Аналитическая динамика и теория колебаний" для 3 курса дневного отделения Факультета летательных аппаратов по специальности 150301 - Динамика и прочность машин / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: А. И. Белоусов, Г. И. Расторгуев]. - Новосибирск, 2007. - 57, [1] с. : ил.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2007/2007_3252.rar

8.2 Специализированное программное обеспечение

- 1 Microsoft Office
- 2 Microsoft Windows

9. Материально-техническое обеспечение

Компьютерный класс

№	Наименование	Назначение
1	LMS SCADAS Mobile-система регистрации и обработки данных виброиспытаний и модального анализа	Проведение лабораторных работ
2	Электродинамический вибростенд модель V650/1HРА-Кв комплекте	Проведение лабораторных работ

Форма экзаменационного билета

Дисциплина *Практикум по аналитической динамике и теории колебаний*
(наименование дисциплины)

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

- 1 Классификация колебательных систем. Классификация колебательных процессов.
- 2 Поперечные колебания пластин. Уравнение колебаний и граничные условия.
- 3 Задача: определить частоты трехстепенной системы

Составитель

_____ А.И.Белоусов
(подпись)

Заведующий кафедрой

_____ Н.В.Пустовой
(подпись)

« ____ » _____ 20 ____ г.

Примечание * Структура экзаменационного билета утверждается на заседании кафедры. Практическая (ое) задача/задание может включаться по усмотрению преподавателя.

Критерии оценки

- Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если студент ответил на один вопрос, оценка составляет 55 баллов
- Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если студент ответил на два вопроса, оценка составляет 75 баллов
- Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент ответил на два теоретических вопроса и решил задачу, оценка составляет не менее 90 баллов

Экзамен считается сданным, если средняя сумма баллов по всем вопросам составляет не менее 50 баллов (по 100 балльной шкале).

Коэффициент, с которым учитывается полученная сумма баллов в общей оценке по дисциплине, определяется Правилами аттестации.

Все вопросы

№	1-й вопрос билета	2-й вопрос билета
1		
2	Кинематика колебаний.	Поперечные колебания прямых стержней, уравнение колебаний и граничные условия.
3	Свободные колебания системы с одной степенью свободы около устойчивого равновесного состояния.	Максиминимальные свойства частот консервативной системы.
4	Линейный осциллятор.	Свободные колебания систем с несколькими степенями свободы с сопротивлением. Функция рассеяния.
5	Свободные колебания системы с одной степенью свободы с вязким трением.	Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей.

6	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы без сопротивления под действием гармонической силы.	Свободные колебания систем с несколькими степенями свободы с сопротивлением. Характеристические показатели.
7	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы с сопротивлением под действием гармонической силы.	Ортогональность собственных форм крутильных колебаний стержней.
8	Коэффициент динамичности. Резонансные кривые. Мощность при резонансе.	Устойчивость автономных систем (по Ляпунову). Асимптотическая устойчивость. Теорема Лагранжа об устойчивости консервативных систем.
9	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы под действием периодической возмущающей силы.	Нормальные координаты для диссипативных систем. Внешнее и внутреннее демпфирование.
10	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы под действием произвольной возмущающей силы.	Колебания линейных распределенных систем. Вариационный принцип Гамильтона – Остроградского.
11	Кинетическая и потенциальная энергии систем с несколькими степенями свободы.	Вынужденные колебания диссипативной системы с несколькими степенями свободы под действием гармонической силы.
12	Потенциальная энергия системы с несколькими степенями свободы как квадратичная форма обобщенных сил.	Колебания системы с двумя степенями свободы. Парциальные системы и частоты. Вынужденное движение под действием гармонической силы.
13	Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости систем с несколькими степенями свободы.	Антирезонанс. Динамический гаситель колебаний.
14	Основная система уравнений колебаний систем с несколькими степенями свободы.	Вынужденные колебания систем с несколькими степенями свободы без демпфирования под действием гармонической силы. Матрица гармонических коэффициентов влияния.
15	Прямая и обратная формы уравнений колебаний систем с несколькими степенями свободы.	Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия.
16	Исследование свободных колебаний систем с несколькими степенями свободы. Собственные частоты, собственные формы, главные колебания.	Критерий Рауса-Гурвица асимптотической устойчивости.
17	Свойства собственных форм колебаний систем с несколькими степенями свободы. Условия ортогональности по потенциальной и кинетической энергиям.	Поперечные колебания прямых стержней Условия ортогональности собственных форм.
18	Главные (нормальные) координаты систем с несколькими степенями свободы.	Однородная задача для стержня постоянной жесткости.
19	Общий интеграл системы	Колебания систем с несколькими

	дифференциальных уравнений колебаний систем с несколькими степенями свободы.	степенями свободы. Функция Рэлея.
20	Методы вычисления собственных форм и частот колебаний систем с несколькими степенями свободы. Метод простых итераций.	Численные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Ритца.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА
д.т.н., профессор С.Д. Саленко
“ ____ ” _____ ____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Практикум по аналитической динамике и теории колебаний

Образовательная программа: 15.03.03 Прикладная механика, профиль: Динамика и прочность

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Практикум по аналитической динамике и теории колебаний приведена в Таблице.

Таблица

Формируемые компетенции	Показатели сформированности компетенций (знания, умения, навыки)	Темы	Этапы оценки компетенций	
			Мероприятия текущего контроля (курсовой проект, РГЗ(Р) и др.)	Промежуточная аттестация (экзамен, зачет)
ОПК.4 способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в своей профессиональной деятельности	з1. знать современные тенденции развития техники и технологий в прикладной механике	Расчет собственных частот и форм колебаний систем с конечным числом степеней свободы с использованием свойств симметрии		Экзамен, вопросы 1-20.
ОПК.4	у2. уметь учитывать современные тенденции при решении задач прикладной механики	Анализ частот при дополнительных связях и при изменении жесткости и инерции Вынужденные движения систем с конечным числом степеней свободы		Экзамен, вопросы 1-20.
ОПК.6 умением собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по тематике исследования, использовать достижения отечественной и зарубежной науки, техники и технологии	з1. знать достижения отечественной и зарубежной науки в области прикладной механики	Расчет собственных частот и векторов с использованием свойств симметрии		Экзамен, вопросы 1-20.
ПК.1/НИ способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	з5. знать основные уравнения движения для материальной точки и твердого тела	Уравнение колебаний простого осциллятора		Экзамен, вопросы 1-20.
ПК.1/НИ	з9. знать основные уравнения аналитической динамики и теории колебаний	Экспериментальное исследование динамических свойств системы с одной степенью свободы Экспериментальное определение собственных частот и форм поперечных		Экзамен, вопросы 1-20.

		колебаний упругой балки		
ПК.1/НИ	у3. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов теории колебаний	Минимаксимальные свойства функции Релея Экспериментальное определение собственных частот и форм поперечных колебаний упругой балки	РГЗ. , Контрольные работы	Экзамен, вопросы 1-20.
ПК.1/НИ	уб. уметь решать задачи о движении материальной точки и твердого тела	Колебания систем с конечным числом степеней свободы	Контрольные работы	Экзамен, вопросы 1-20.
ПК.3/НИ готовность выполнять научно-исследовательские работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям	у3. уметь определять собственные частоты систем с несколькими степенями свободы	Вынужденные колебания. Гармонические коэффициенты влияния. Экспериментальное исследование динамических свойств системы с двумя степенями свободы		Экзамен, вопросы 1-20.
ПК.3/НИ	у4. уметь составлять и решать уравнения движения	Динамический гаситель колебаний Экспериментальное исследование динамических свойств системы с двумя степенями свободы Экспериментальное определение собственных частот и форм поперечных колебаний упругой балки		Экзамен, вопросы 1-20.
ПК.33.В/РЭ готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и	у1. владеть навыками расчетов аналитическими методами прикладной механики деталей машин и элементов конструкций	Вынужденные колебания. Разложение по формам собственных колебаний. Итерационные схемы расчета собственных колебаний Продольные и крутильные колебания балки Продольные и крутильные колебания стержней	РГЗ, Контрольные работы	Экзамен, вопросы 1-20.

компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям				
ПК.33.В/РЭ	у7. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций аналитическими и вычислительными методами прикладной механики	Экспериментальное определение собственных частот и форм поперечных колебаний упругой балки		Экзамен, вопросы 1-20.

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 6 семестре - в форме экзамена, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.4, ОПК.6, ПК.1/НИ, ПК.3/НИ, ПК.33.В/РЭ.

Кроме того, сформированность компетенций проверяется при проведении мероприятий текущего контроля, указанных в таблице раздела 1.

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)), контрольная работа. Требования к выполнению РГЗ(Р), контрольной работы, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р), контрольной работы.

Общие правила выставления оценки по дисциплине определяются балльно-рейтинговой системой, приведенной в рабочей программе учебной дисциплины.

На основании приведенных далее критериев можно сделать общий вывод о сформированности компетенций ОПК.4, ОПК.6, ПК.1/НИ, ПК.3/НИ, ПК.33.В/РЭ, за которые отвечает дисциплина, на разных уровнях.

Общая характеристика уровней освоения компетенций.

Ниже порогового. Уровень выполнения работ не отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, пробелы могут носить существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы не достаточно, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнены или выполнены с существенными ошибками.

Пороговый. Уровень выполнения работ отвечает большинству основных требований, теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Продвинутый. Уровень выполнения работ отвечает всем требованиям, теоретическое содержание

курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра прочности летательных аппаратов

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЛА
д.т.н. Матвеев К. А.
“ ____ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Практикум по аналитической динамике и теории колебаний

Образовательная программа: 15.03.03 Прикладная механика

Факультет летательных аппаратов

Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Тема	Код формируемой компетенции	Знания/умения	Контролирующее мероприятие (экзамен, зачет, курсовой проект и т.п.)
Расчет собственных частот и форм колебаний систем с конечным числом степеней свободы с использованием свойств симметрии	ОПК.4	з1. знать современные тенденции развития техники и технологий в прикладной механике	Экзамен
Анализ частот при дополнительных связях и при изменении жесткости и инерции		у2. уметь учитывать современные тенденции при решении задач прикладной механики	Экзамен
Вынужденные движения систем с конечным числом степеней свободы		у2. уметь учитывать современные тенденции при решении задач прикладной механики	Экзамен
Расчет собственных частот и векторов с использованием свойств симметрии	ОПК.6	з1. знать достижения отечественной и зарубежной науки в области прикладной механики	Экзамен
Экспериментальное исследование динамических свойств системы с одной степенью свободы	ПК.1/НИ	з18. знать основные уравнения аналитической динамики и теории колебаний	Экзамен
Уравнение колебаний простого осциллятора		з9. знать основные уравнения движения для материальной точки и твердого тела	Экзамен
Колебания систем с конечным числом степеней свободы		у11. уметь решать задачи о движении материальной точки и твердого тела	Экзамен
Минимаксимальные свойства функции Релея		у6. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов теории колебаний	Экзамен
Экспериментальное определение собственных частот и форм поперечных колебаний упругой балки	ПК.1/НИ ПК.3/НИ ПК.7/НИ	з18. знать основные уравнения аналитической динамики и теории колебаний у15. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций аналитическими и вычислительными методами прикладной механики у5. уметь составлять и решать уравнения движения у6. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов теории колебаний	Экзамен
Вынужденные колебания. Гармонические коэффициенты влияния.	ПК.3/НИ	у4. уметь определять собственные частоты систем с несколькими степенями свободы	Экзамен
Экспериментальное исследование динамических свойств системы с двумя степенями свободы		у4. уметь определять собственные частоты систем с несколькими степенями свободы у5. уметь составлять и решать уравнения движения	Экзамен
Динамический гаситель колебаний		у5. уметь составлять и решать уравнения движения	Экзамен
Продольные и крутильные колебания стержней	ПК.7/НИ	у1. владеть навыками расчетов аналитическими методами прикладной механики деталей машин и элементов конструкций	Экзамен
Продольные и крутильные колебания балки		у1. владеть навыками расчетов аналитическими методами прикладной механики деталей машин и элементов конструкций	Экзамен
Итерационные схемы расчета собственных колебаний		у1. владеть навыками расчетов аналитическими методами прикладной механики деталей машин и элементов конструкций	Экзамен
Вынужденные колебания. Разложение по формам собственных колебаний.		у1. владеть навыками расчетов аналитическими методами прикладной механики деталей машин и элементов конструкций	Экзамен

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра прочности летательных аппаратов

Паспорт экзамена

по дисциплине «Практикум по аналитической динамике и теории колебаний», 6 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в устной форме, по билетам. Билет составляется из вопросов, список которых приведен ниже. В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4) и задачи на понимание этих вопросов.

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФЛА

Билет № _____

к экзамену по дисциплине

- 1 Классификация колебательных систем. Классификация колебательных процессов.
- 2 Поперечные колебания пластин. Уравнение колебаний и граничные условия.

Утверждаю: зав. кафедрой _____ должность, ФИО
(подпись)
(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет (тест) считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *менее 0,25 максимального балла*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, может показать причинно-следственные связи явлений, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет *менее 0,5 максимального балла*.
- Ответ на экзаменационный билет (тест) билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может

представить качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи,
оценка составляет *менее 0,75 максимального балла.*

- Ответ на экзаменационный билет билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи,
оценка составляет *более 0,75 максимального балла.*

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине экзаменационные баллы учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине

№	1-й вопрос билета	2-й вопрос билета
1		
2	Кинематика колебаний.	Поперечные колебания прямых стержней, уравнение колебаний и граничные условия.
3	Свободные колебания системы с одной степенью свободы около устойчивого равновесного состояния.	Максиминимальные свойства частот консервативной системы.
4	Линейный осциллятор.	Свободные колебания систем с несколькими степенями свободы с сопротивлением. Функция рассеяния.
5	Свободные колебания системы с одной степенью свободы с вязким трением.	Теорема Рэлея о влиянии на частоты изменений масс и жесткостей.
6	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы без сопротивления под действием гармонической силы.	Свободные колебания систем с несколькими степенями свободы с сопротивлением. Характеристические показатели.
7	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы с сопротивлением под действием гармонической силы.	Ортогональность собственных форм крутильных колебаний стержней.
8	Коэффициент динамичности. Резонансные кривые. Мощность при резонансе.	Устойчивость автономных систем (по Ляпунову). Асимптотическая устойчивость. Теорема Лагранжа об устойчивости консервативных систем.
9	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы под действием периодической возмущающей силы.	Нормальные координаты для диссипативных систем. Внешнее и внутреннее демпфирование.
10	Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы под действием	Колебания линейных распределенных систем.

	произвольной возмущающей силы.	Вариационный принцип Гамильтона – Остроградского.
11	Кинетическая и потенциальная энергии систем с несколькими степенями свободы.	Вынужденные колебания диссипативной системы с несколькими степенями свободы под действием гармонической силы.
12	Потенциальная энергия системы с несколькими степенями свободы как квадратичная форма обобщенных сил.	Колебания системы с двумя степенями свободы. Парциальные системы и частоты. Вынужденное движение под действием гармонической силы.
13	Инерционная матрица, матрицы жесткости и податливости систем с несколькими степенями свободы.	Антирезонанс. Динамический гаситель колебаний.
14	Основная система уравнений колебаний систем с несколькими степенями свободы.	Вынужденные колебания систем с несколькими степенями свободы без демпфирования под действием гармонической силы. Матрица гармонических коэффициентов влияния.
15	Прямая и обратная формы уравнений колебаний систем с несколькими степенями свободы.	Продольные и крутильные колебания прямых стержней, уравнения движения и граничные условия.
16	Исследование свободных колебаний систем с несколькими степенями свободы. Собственные частоты, собственные формы, главные колебания.	Критерий Рауса-Гурвица асимптотической устойчивости.
17	Свойства собственных форм колебаний систем с несколькими степенями свободы. Условия ортогональности по потенциальной и кинетической энергиям.	Поперечные колебания прямых стержней Условия ортогональности собственных форм.
18	Главные (нормальные) координаты систем с несколькими степенями свободы.	Однородная задача для стержня постоянной жесткости.
19	Общий интеграл системы дифференциальных уравнений колебаний систем с несколькими степенями свободы.	Колебания систем с несколькими степенями свободы. Функция Рэлея.
20	Методы вычисления собственных форм и частот колебаний систем с несколькими степенями свободы. Метод простых итераций.	Численные методы определения собственных частот и форм колебаний. Метод Рунге.

Паспорт контрольной работы

по дисциплине «Практикум по аналитической динамике и теории колебаний», 6 семестр

1. Методика оценки

Контрольные работы проводятся по темам первой и второй частей методических указаний, включает несколько заданий. Выполняется письменно.

2. Критерии оценки

Работа считается **не выполненной**, если задачи не решены, оценка составляет менее 0,25 максимального балла, указанного в БРС.

Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если решены не все задачи, оценка составляет менее 0,5 максимального балла.

Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если решены все задачи, имеются отдельные недочеты в решении, нет достаточного теоретического обоснования, оценка составляет менее 0,75 максимального балла.

Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все задачи решены, оформление соответствует требованиям, продемонстрировано понимание необходимого теоретического материала, оценка составляет менее 0,75 максимального балла

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за контрольную работу учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Пример варианта контрольной работы

Варианты контрольных работ приведены в методических указаниях

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»
Кафедра прочности летательных аппаратов

**Паспорт
расчетно-графического задания (работы)**

по дисциплине «Практикум по аналитической динамике и теории колебаний», 6 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны решить задания в соответствии с методическими указаниями.

Обязательные структурные части РГЗ соответствуют перечню вопросов задания .

2. Критерии оценки

- Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), решение формальное, студент не продемонстрировал знание основных определений, оценка составляет менее 0,25 максимального балла, указанного в БРС.
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ(Р) выполнены формально: задачи решены с отдельными недочетами, оценка составляет менее 0,5 максимального балла.
- Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если анализ объекта выполнен в полном объеме, имеются отдельные недочеты в решении, нет достаточного теоретического обоснования оценка составляет менее 0,75 максимального балла.
- Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если все задачи решены, оформление отчета соответствует требованиям, продемонстрировано понимание необходимого теоретического материала, оценка составляет менее 0,75 максимального балла

3. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Примерный перечень заданий РГЗ(Р)

Задание к РГЗ

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ СИСТЕМЫ С
НЕСКОЛЬКИМИ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ**

ЗАДАНИЕ для пружинно-массовой механической системы методом простых итераций вычислить высшую и низшую частоты и соответствующие формы колебаний системы.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ Пусть имеется механическая система, состоящая из n масс m_j ($j = 1, 2, \dots, n$), соединенных между собой и основанием пружинами жесткостью c_k . На рисунке 1 показана одна из таких систем для $n = 3$. Массы могут двигаться только вертикально, без поворотов. В этом случае число степеней свободы и, соответственно, число обобщенных координат, необходимых для описания положения системы равно n . Выберем в качестве обобщенных координат смещения x_j ($j = 1, 2, \dots, n$) сосредоточенных масс m_j от положения равновесия.

Уравнения свободных колебаний системы около положения равновесия можно

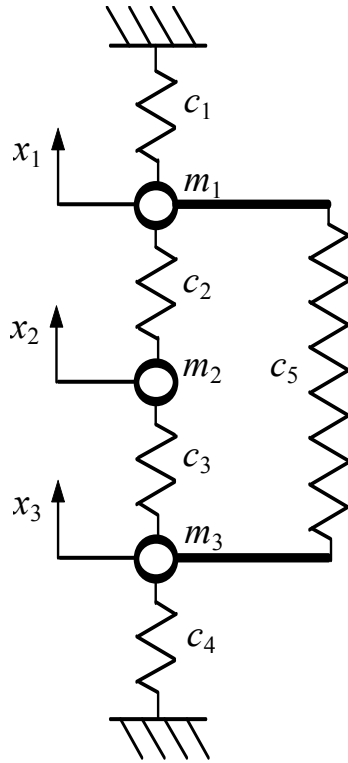


Рис. 1.

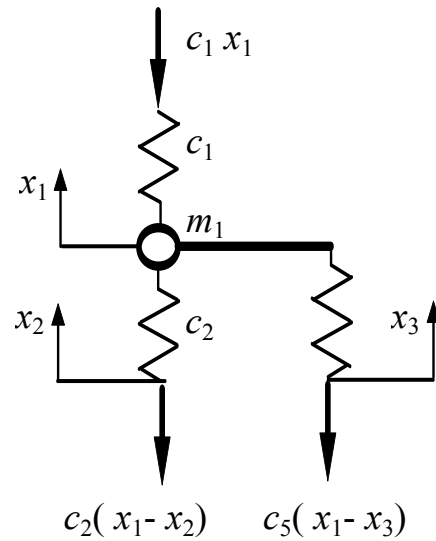


Рис. 2.

получить, используя II-й закон Ньютона.

Запишем уравнения II-го закона Ньютона для каждой массы

$$m_j \ddot{x}_j = F_j, \quad (j = 1, 2, \dots, n), \quad \ddot{x}_j = \frac{d^2 x_j}{dt^2}.$$

Восстанавливающие силы F_j , вычисляются как суммы сил, действующие на j -ю массу со стороны пружин, соединенных с ней, при отклонении массы от положения равновесия. Усилие в каждой пружине численно равно произведению жесткости пружины (c_j) на ее удлинение (разности смещений концов пружины).

Так, на массу m_1 системы (рис. 1) действуют три силы (рис. 2): со стороны верхней пружины - $c_1 x_1$ (знак «минус» показывает, что сила действует в противоположную сторону от направления x_1), со стороны левой нижней пружины - $c_2(x_1 - x_2)$ (здесь $(x_1 - x_2)$ - удлинение пружины), со стороны правой нижней пружины - $c_5(x_1 - x_3)$. Тогда уравнение движения для m_1 имеет вид

$$m_1 \ddot{x}_1 = -c_1 x_1 - c_2(x_1 - x_2) - c_5(x_1 - x_3)$$

Аналогично можно получить уравнения движения для всех масс. В итоге имеем систему уравнений движения

$$\begin{aligned} m_1 \ddot{x}_1 &= -c_1 x_1 - c_2(x_1 - x_2) - c_5(x_1 - x_3) \\ m_2 \ddot{x}_2 &= -c_2(x_2 - x_1) - c_3(x_2 - x_3) \\ m_3 \ddot{x}_3 &= -c_4 x_3 - c_3(x_3 - x_2) - c_5(x_3 - x_1) \end{aligned} \quad (1)$$

Решение системы дифференциальных уравнений (1) разыскивается в виде

$$x_k = X_k e^{i\omega t}, \quad (k = 1, 2, 3), \quad (2)$$

где: X_k - амплитуда колебаний k -ой массы, ω - круговая частота.

Подставляя функции (2) в уравнения (1), и сокращая на $e^{i\omega t}$, получим систему линейных однородных алгебраических уравнений

$$\begin{aligned}
m_1 \omega^2 X_1 &= c_1 X_1 + c_2 (X_1 - X_2) + c_5 (X_1 - X_3) \\
m_2 \omega^2 X_2 &= c_2 (X_2 - X_1) + c_3 (X_2 - X_3) \\
m_3 \omega^2 X_3 &= c_4 X_3 + c_3 (X_3 - X_2) + c_5 (X_3 - X_1)
\end{aligned} \tag{2}$$

Вводя обозначения $\lambda = c_1 / m_1 \omega^2$, представим систему (1) следующим образом

$$\begin{aligned}
X_1 &= \lambda \left[\left(1 + \frac{c_2}{c_1} + \frac{c_5}{c_1}\right) X_1 - \frac{c_2}{c_1} X_2 - \frac{c_5}{c_1} X_3 \right] \\
X_2 &= \lambda \left[-\frac{c_2}{c_1} \frac{m_1}{m_2} X_1 + \left(\frac{c_2}{c_1} + \frac{c_3}{c_1}\right) \frac{m_1}{m_2} X_2 - \frac{c_3}{c_1} \frac{m_1}{m_2} X_3 \right] \\
X_3 &= \lambda \left[-\frac{c_5}{c_1} \frac{m_1}{m_3} X_1 - \frac{c_3}{c_1} \frac{m_1}{m_3} X_2 + \left(\frac{c_3}{c_1} + \frac{c_4}{c_1} + \frac{c_5}{c_1}\right) \frac{m_1}{m_3} X_3 \right]
\end{aligned}$$

или в матричном виде

$$\{X\} = \lambda [H] \{X\} \tag{3}$$

где $\{X\}^T = \{X_1, X_2, X_3\}$, а элементы матрицы $[H]$ вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned}
H_{11} &= 1 + \frac{c_2}{c_1} + \frac{c_5}{c_1}, \quad H_{12} = -\frac{c_2}{c_1}, \quad H_{13} = -\frac{c_5}{c_1}, \\
H_{21} &= -\frac{c_2}{c_1} \frac{m_1}{m_2}, \quad H_{22} = \left(\frac{c_2}{c_1} + \frac{c_3}{c_1}\right) \frac{m_1}{m_2}, \quad \text{и т.д.}
\end{aligned}$$

Для определения минимального собственного значения λ и соответствующего ему собственного вектора $\{X\}$ системы (3) можно воспользоваться несколькими методами, в частности, методом простых итераций, который заключается в следующем.

Выбирается некоторое начальное приближение для собственного вектора

$$\{X\}^{(0)T} = \{X_1^{(0)}, X_2^{(0)}, X_3^{(0)}\}$$

по формуле

$$\{X\}^{(1)} = [H] \{X\}^{(0)}$$

или в общем случае

$$\{X\}^{(i+1)} = [H] \{X\}^{(i)}$$

На каждом шаге итераций определяются $\lambda_k^{(i+1)} = X_k^{(i)} / X_k^{(i+1)}$, $k = 1, 2, \dots, n$. С ростом числа итераций $\lambda_k^{(i+1)}$ сходятся к минимальному собственному значению λ системы (3). При достижении определенной точности в вычислении λ процесс итерации прекращается.

В процессе итераций абсолютные значения компонент вектора $\{X\}$ растут, поэтому при численных расчетах после каждого шага итераций необходимо выполнять нормирование $\{X\}$, например, по значению максимального модуля его элементов.

ЗАДАНИЕ. Для своего варианта

1. Получить систему дифференциальных уравнений движения в виде (1).
2. Записать систему однородных алгебраических уравнений в виде (2), (3). Выписать выражения для определения элементов матрицы $[H]$.
3. Составить подпрограмму, в которой методом простых итераций вычисляются минимальные значения λ и соответствующий собственный вектор $\{X\}$ для системы (3).
4. Составить головную программу для вычислений $\min \lambda$ (для матрицы $[H]$) и $\max \lambda$ (для матрицы $[H]^{-1}$).

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ

1. Составить подпрограмму, в которой вычисляются компоненты матрицы $[H]$.
2. Составить головную программу, в которой:

- вводятся исходные данные $(\frac{c_2}{c_1}, \frac{c_3}{c_1}, \dots, \frac{m_1}{m_2}, \dots)$
- вызывается подпрограмма вычисления $[H]$
- вызывается подпрограмма метода простых итераций
- выводятся результаты $(\lambda, \{X\}, \text{число итераций})$

Данные из головной программы в подпрограмму вычисления $[H]$ можно передавать либо через список формальных параметров, либо через общие области, используя оператор COMMON.

Подпрограмму метода простых итераций можно организовать следующим образом.

Формальные параметры $H, X, Y, Z, AL, N, E, m, m_{\max}, IER$ где:

входные параметры: $H(N, N)$ - матрица системы (3), N - порядок системы, E - точность вычислений; $m_{\max}$ - максимальное число итераций;

выходные параметры: AL - значение $\lambda_{\min}$ системы (3), $X(N)$ - соответствующий $\lambda_{\min}$ собственный вектор; m - число выполненных итераций; IER - код ошибки ($IER = 0$ - процесс сошелся, в противном случае $IER=1$).

массивы: $Y(N), Z(N)$ - вспомогательные массивы для хранения результатов промежуточных вычислений.

Алгоритм подпрограммы

- описание используемых массивов
- задание начальных значений X
- вычисление последующих приближений $Y=H \cdot X$
- вычисление значений $Z_i = X_i / Y_i, \quad i = 1, \dots, n$
- найти среднеквадратичную ошибку

$$E1 = \left| \frac{1}{|z_n|} \frac{1}{n-1} \left[\sum_{i=1}^{n-1} (z_i - z_n)^2 \right]^{1/2} \right|$$

- найти максимальный модуль элемента Y
 $S = \max(|Y_1|, |Y_2|, \dots, |Y_n|)$
- вычислить начальное приближение для следующего шага итераций
 $X_i = Y_i / S, \quad i = 1, n$
- выполнить проверку на прекращение итераций:
 если $E1 - E > 0$, перейти на пункт c)
- выполнить проверку на прекращение итераций по $m_{\max}$:
 если $m = m_{\max}$, выйти из подпрограммы с кодом ошибки $IER=1$
- запомнить вычисленное значение λ (последнее значение Z_1)
 $AL = Z_1$
- вернуться в вызывающую программу.

ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ. Исходная расчетная схема представляет собой цепочку из 5-ти масс и 6-ти жесткостей. В зависимости от варианта, одна из пружин может иметь нулевую жесткость (не учитывается при выводе уравнений движения), а некоторые массы могут быть соединены между собой или с основанием дополнительной "параллельной" жесткостью. В таблице 1 приведены номер нулевой жесткости и точки, соединенные "параллельной" жесткостью. В таблице 2 в зависимости от последней цифры кода группы заданы значения отношений масс и нулевых жесткостей.

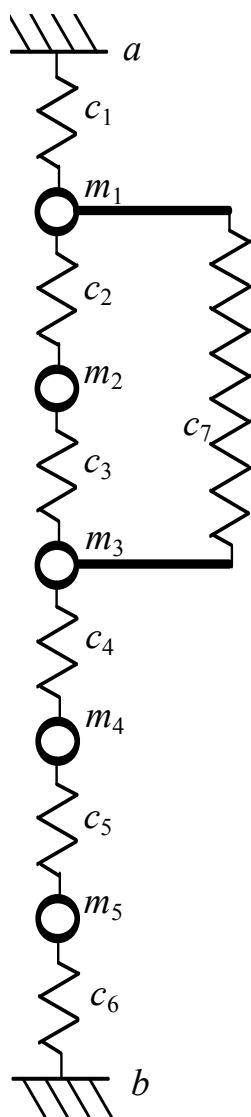


Таблица 1. Варианты расчетных схем.

№ вар.	Нулевые жесткости	Парал-ые жесткости	№ вар.	Нулевые жесткости	Парал-ые жесткости
1	2	4	1	2	4
1	1	—	16	—	4-b
2	1	1-3	17	—	a-3
3	1	2-4	18	—	1-4
4	1	3-5	19	—	2-5
5	1	4-b	20	—	1-5
6	1	1-4	21	2	1-3
7	1	2-5	22	3	2-4
8	1	3-b	23	4	3-5
9	1	1-5	24	3	1-4
10	1	2-b	25	3	1-5
11	—	—	26	1	2-4
12	—	1-3	27	1	1-3
13	—	2-4	28	1	2-4
14	—	3-5	29	1	2-5
15	—	a-2	30	1	2-5

Таблица 2. Варианты жесткостей и масс.

Рис. 3.

№ вар.	Жесткости c_i / c						Массы m_i / m				
	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$
1	1.0	2.0	0.8	1.2	0.9	1.5	1.0	0.5	1.2	2.0	0.8
2	1.0	1.5	0.5	2.0	2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	3.0	0.5