

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
Дополнительные главы вычислительной механики

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)	4
2	Всего часов	144
3	Всего занятий в контактной форме, час.	81
4	Лекции, час.	36
5	Практические занятия, час.	0
6	Лабораторные занятия, час.	36
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	0
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	7
10	Самостоятельная работа, час.	63
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ
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:

профессор, д.т.н. Олегин И. П.

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.2 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики; в части следующих результатов обучения:	
32. знать универсальность математических методов в познании окружающего мира	
33. знать природу возникновения погрешностей при применении математических моделей и необходимости оценивать погрешность	
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:	
310. знать основные методы, соотношения и алгоритмы вычислительной механики	
у4. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов вычислительной механики	
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:	
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>Дополнительные главы вычислительной механики</i>	
ПК.1.310 знать основные методы, соотношения и алгоритмы вычислительной механики	
1.знать основные методы, соотношения и алгоритмы вычислительной механики	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.1.у4 уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов вычислительной механики	
2.уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов вычислительной механики	Лекции; Лабораторные работы; Самостоятельная работа
ОПК.2.32 знать универсальность математических методов в познании окружающего мира	
3.знать универсальность математических методов в познании окружающего мира	Лекции; Самостоятельная работа
ОПК.2.33 знать природу возникновения погрешностей при применении математических моделей и необходимости оценивать погрешность	
4.знать природу возникновения погрешностей при применении математических моделей и необходимости оценивать погрешность	Лекции; Самостоятельная работа
ПК.33.В/РЭ.у7 уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций аналитическими и вычислительными методами прикладной механики	
5.уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций аналитическими и вычислительными методами прикладной механики	Лекции; 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: Дополнительные главы вычислительной механики			
1. Методы конечных разностей	0	9	1, 3, 4
2. Метод конечных элементов	0	9	1, 3, 4
3. Метод граничных интегральных уравнений	0	9	1, 3, 4
4. Метод Рунге. Метод Галеркина	0	5	1, 2, 3, 4, 5
5. Элементы линейного программирования	0	4	1, 3, 4

Таблица 3.2

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 6				
Дидактическая единица: Дополнительные главы вычислительной механики				
1. Методы конечных разностей	0	9	2, 5	Учится решать задачи математической физики
2. Метод конечных элементов	0	9	2	Учится решать задачи математической физики
3. Метод граничных интегральных уравнений	0	9	2, 5	Учится решать задачи математической физики
4. Метод Рунге. Метод Галеркина	0	5	2, 5	Учится решать задачи математической физики
5. Элементы линейного программирования	0	4	2, 5	Учится решать задачи математической физики

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 6				
1	РГЗ	1, 2, 3	53	7
: Вычислительная механика : методические указания и варианты исходных данных к лабораторным работам и расчетно-графическим заданиям для 3 курса ФЛА направления 150300 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. П. Олегин, М. А. Леган, Ю. Б. Нигирич]. - Новосибирск, 2010. - 38, [2] с. : граф., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/2010_3814.pdf				
2	Подготовка к аттестации	1, 2, 3, 4, 5	10	0
: Вычислительная механика : методические указания и варианты исходных данных к лабораторным работам и расчетно-графическим заданиям для 3 курса ФЛА направления 150300 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. П. Олегин, М. А. Леган, Ю. Б. Нигирич]. - Новосибирск, 2010. - 38, [2] с. : граф., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/2010_3814.pdf				

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	e-mail; 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	Мин. балл	Максимальный балл
Семестр: 6		
<i>Лабораторная:</i>	10	20
<i>РГЗ:</i>	20	40
<i>Экзамен:</i>	20	40
Контролирующие материалы (список вопросов) приводятся в "Вычислительная механика : методические указания и варианты исходных данных к лабораторным работам и расчетно-графическим заданиям для 3 курса ФЛА направления 150300 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. П. Олегин, М. А. Леган, Ю. Б. Нигирич]. - Новосибирск, 2010. - 38, [2] с. : граф., табл. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/2010_3814.pdf "		

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

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Защита РГЗ	Экзамен
ОПК.2	з2. знать универсальность математических методов в познании окружающего мира		+
	з3. знать природу возникновения погрешностей при применении математических моделей и необходимости оценивать погрешность		+
ПК.1	з10. знать основные методы, соотношения и алгоритмы вычислительной механики		+
	у4. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов вычислительной механики	+	+
	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. Присекин В. Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел : [учебник] / В. Л. Присекин, Г. И. Расторгуев. - Новосибирск, 2010. - 237 с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000125831

2. Турчак Л. И. Основы численных методов : [учебное пособие для вузов] / Л. И. Турчак, П. В. Плотников. - М., 2005. - 300 с. : ил., табл.

3. Волков Е. А. Численные методы : учебное пособие / Е. А. Волков. - СПб. [и др.], 2007. - 248 с. : ил.

Дополнительная литература

1. Вержбицкий В. М. Основы численных методов : учебник для вузов по направлению "Прикладная математика" / В. М. Вержбицкий. - М., 2005. - 839, [1] с. : ил., табл.
2. Канторович Л. В. Приближенные методы высшего анализа / Л. В. Канторович, В. И. Крылов. - М. :, 1962. - 708 с.

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. Вычислительная механика : методические указания и варианты исходных данных к лабораторным работам и расчетно-графическим заданиям для 3 курса ФЛА направления 150300 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост.: И. П. Олегин, М. А. Леган, Ю. Б. Нигирич]. - Новосибирск, 2010. - 38, [2] с. : граф., табл.. - Режим доступа: http://www.library.nstu.ru/fulltext/metodics/2010/2010_3814.pdf

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 MathCAD

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Чтение лекций

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

Дополнительные главы вычислительной механики

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 **Дополнительные главы вычислительной механики** 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.2 способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	з2. знать универсальность математических методов в познании окружающего мира	Метод граничных интегральных уравнений Метод конечных элементов Метод Ритца. Метод Галеркина Методы конечных разностей Элементы линейного программирования		Экзамен, вопросы 1-22
ОПК.2	з3. знать природу возникновения погрешностей при применении математических моделей и необходимости оценивать погрешность	Метод граничных интегральных уравнений Метод конечных элементов Метод Ритца. Метод Галеркина Методы конечных разностей Элементы линейного программирования		Экзамен, вопросы 1-22
ПК.1/НИ способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	з10. знать основные методы, соотношения и алгоритмы вычислительной механики	Метод граничных интегральных уравнений Метод конечных элементов Метод Ритца. Метод Галеркина Методы конечных разностей Элементы линейного программирования		Экзамен, вопросы 1-22
ПК.1/НИ	у4. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций на основе методов вычислительной механики	Метод граничных интегральных уравнений Метод конечных элементов Метод Ритца. Метод Галеркина Методы конечных разностей Элементы линейного программирования	РГЗ	Экзамен, вопросы 1-22
ПК.33.В/РЭ готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области прикладной механики на основе	у7. уметь проводить расчеты деталей машин и элементов конструкций аналитическими и вычислительными методами прикладной	Метод граничных интегральных уравнений Метод Ритца. Метод Галеркина Методы конечных разностей Элементы линейного программирования	РГЗ	Экзамен, вопросы 1-22

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	механики			
---	----------	--	--	--

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.2, ПК.1/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 является расчетно-графическое задание (РГЗ). Требования к выполнению РГЗ, состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ.

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.2, ПК.1/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.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Дополнительные главы вычислительной механики», 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 Решение одномерного уравнения теплопроводности с использованием неявной разностной схемы
- 2 Способ преобразования неоднородных граничных условий к однородным
- 3 Задача. Решить методом Галеркина краевую задачу

$$\frac{d^2 u(x)}{dx^2} + x * u(x) = x, \quad x \in [0,1], u(0) = 0, u(2) = 2$$

Аппроксимирующую функцию представить в виде
 $u(x) = a_1 \varphi_1(x) + a_2 \varphi_2(x)$, φ_1, φ_2 – степенные функции. Предварительно привести граничные условия к однородным.

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

2. Критерии оценки

- Ответ на экзаменационный билет 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 0,5 максимального балла (табл. 6.1)*.
- 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.Метод Эйлера.
2. Метод стрельбы.
- 3.Метод конечных разностей применительно к решению обыкновенного дифференциального уравнения с граничными условиями общего вида.
- 4.Вывод формул численного дифференцирования для производных первого и второго порядков.
5. Решение одномерного уравнения теплопроводности с использованием явной разностной схемы.
6. Решение одномерного уравнения теплопроводности с использованием неявной разностной схемы.
- 7.Схема расщепления по координатам для двумерного уравнения теплопроводности.
- 8.Аппроксимация начальных и граничных условий при решении волнового уравнения.
9. Решение одномерного волнового уравнения с использованием явной разностной схемы.
10. Решение одномерного волнового уравнения с использованием неявной разностной схемы.
- 11.Разностная схема задачи Дирихле для уравнения Пуассона.
Решение методом матричной прогонки.
12. Аппроксимация граничных условий при решении эллиптических уравнений.
- 13.Теорема о минимуме квадратичного функционала.
14. Построение системы базисных функций для различных видов областей.

- 15.Способ преобразования неоднородных граничных условий к однородным.
- 16.Метод Ритца. Теорема о минимуме квадратичного функционала.
- 17.Метод Галеркина.
- 18.Метод коллокаций.
- 19.Метод наименьших квадратов.
- 20.Вариационно-разностный метод.
- 21.Метод конечных элементов на основе метода Ритца. Алгоритм метода на примере решения краевой задачи для одномерного диф. уравнения. Основные этапы решения.
- 22.Метод конечных элементов на основе метода Ритца. Алгоритм метода на примере решения краевой задачи для двумерного диф. уравнения.

Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Дополнительные главы вычислительной механики», 6 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания 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, решение формальное, студент не продемонстрировал знание основных определений, оценка составляет менее 0,25 максимального балла, указанного в БРС (табл. 6.1).
- Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если части РГЗ 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 0,75 максимального балла или более.

3. Шкала оценки

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

4. Примерный перечень заданий РГЗ(Р)

Задача (задание) 1 Решение волнового уравнения методом конечных разностей

Задача (задание) 2 Задача Коши для системы обыкновенных д.у.

Задача (задание) 3 Численное решение краевой задачи для линейного дифференциального уравнения второго порядка конечно-разностным методом

Задача (задание) 4 Решение задачи кручения стержня прямоугольного сечения методом конечных разностей

Задача (задание) 5 Решение краевой задачи методом Рунге

Задача (задание) 6 Решение уравнения теплопроводности методом конечных разностей

Задача Коши для системы обыкновенных д.у.

1. Решить задачу Коши на отрезке $[a, b]$ методом Рунге-Куты четвертого порядка точности с шагом h , удовлетворяющим заданной точности в соответствии с условиями

$$\max \frac{|u_i^{(h)} - u_{2i}^{(h/2)}|}{15} \leq \varepsilon, \quad \max \frac{|v_i^{(h)} - v_{2i}^{(h/2)}|}{15} \leq \varepsilon.$$

$$\frac{du(x)}{dx} = f_1(x, u, v)$$

$$\frac{dv(x)}{dx} = f_2(x, u, v);$$

$$u(a) = A, \quad v(a) = B.$$

В случае задачи, описываемой одним дифференциальным уравнением, решение строится по следующим формулам:

$$u_{i+1} = u_i + \frac{h}{6}(\varphi_1 + 2\varphi_2 + 2\varphi_3 + \varphi_4),$$

$$\varphi_1 = f(x_i, u_i), \quad \varphi_2 = f(x_i + h/2, u_i + h\varphi_1/2),$$

$$\varphi_3 = f(x_i + h/2, u_i + h\varphi_2/2), \quad \varphi_4 = f(x_i + h, u_i + \varphi_4).$$

Приведенные формулы обобщить на случай системы дифференциальных уравнений.

2. Эту же задачу решить методом Эйлера. Определить величину шага h , при котором полученные результаты будут совпадать, с точностью до третьей значащей цифры с результатами, полученными методом Рунге-Кутты.

В случае задачи, описываемой одним дифференциальным уравнением, решение строится по формуле:

$$u_{i+1} = u_i + h f(x_i, u_i)$$