

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Уравнения математической физики

: 01.03.02

: 3, : 5 6

		5	6
1	()	3	4
2		108	144
3	, .	43	54
4	, .	18	8
5	, .	18	0
6	, .	0	36
7	, .	8	12
8	, .	2	2
9	, .	5	8
10	, .	65	90
11	(, ,)		
12			

(): 01.03.02

228 12.03.2015 ., : 14.04.2015 .

: 1,

(): 01.03.02

, 6 20.06.2017

, 6 21.06.2017

:

,

:

,

:

. . .

1.

1.1

Компетенция ФГОС: ОПК.1 способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой; <i>в части следующих результатов обучения:</i>
1.
Компетенция ФГОС: ПК.1 способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям; <i>в части следующих результатов обучения:</i>
3.
Компетенция ФГОС: ПК.2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат; <i>в части следующих результатов обучения:</i>
3.
2.
Компетенция ФГОС: ПК.3 способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности; <i>в части следующих результатов обучения:</i>
1.
Компетенция ФГОС: ПК.4 способность работать в составе научно-исследовательского и производственного коллектива и решать задачи профессиональной деятельности; <i>в части следующих результатов обучения:</i>
1.

2.

2.1

(, , ,)	
-----------	--

.1. 1	
1.Знать основные типы уравнений математической физики	; ;
2.Знать метод разделения переменных (метод Фурье) для решения гиперболических, параболических и эллиптических уравнений.	; ;
3.Знать интегральные представления решений дифференциальных уравнений	; ;
.2. 2	
4.Уметь формулировать краевые задачи, описывающие различные физические процессы. Краевые условия различных типов, их физический смысл.	; ;
.2. 3	
5.Знать численные методы решения уравнений математической физики: метод конечных разностей, метод конечных элементов.	; ;
6.Знать методы решения сеточных уравнений, ориентированные на системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) с разреженными матрицами.	; ;
.2. 2	
7.Уметь строить дискретные аналоги одномерных и двумерных краевых задач на основе конечно-разностных и конечноэлементных аппроксимаций.	; ;
.3. 1	
8.Уметь исследовать дискретные модели на сходимость, определять порядок аппроксимации.	; ;

.2. 2	
9. Уметь выписывать эквивалентную вариационную постановку для краевых задач, учитывающую три типа краевых условий.	; ;
.2. 3	
10. Уметь вычислять локальные матрицы жесткости и массы для конечноэлементных аппроксимаций; собирать глобальную матрицу и вектор правых частей систем конечноэлементных уравнений из локальных матриц и векторов.	; ;
.1. 3	
11. Уметь решать СЛАУ с разреженной матрицей (симметричной и несимметричной) итерационными методами.	; ;
12. Владеть методами аппроксимации дифференциальных уравнений в частных производных	; ;
.2. 3	
13. Владеть методами решения линейных и нелинейных краевых и начально-краевых задач	; ;
.3. 1	
14. Иметь представление об обратных задачах и методах их решения	; ;
.4. 1	
15. Индивидуально и в команде вести разработку алгоритмических и программных решений в области разработки программного обеспечения для решения начально-краевых задач математической физики	; ;

3.

3.1

: 5			
:			
1.	0	2	1, 2
2.	0	4	1, 2
3.	0	2	1, 2
4.	0	4	4
5.	0	2	3
6.	0	4	1, 2, 3
: 6			

:			
3.		0	2 13
7.		0	1 14
:			
1.	-	0	1 1, 4, 5
2.	-	0	1 15, 5
4.		0	1 1, 4, 5, 9
5.		0	1 6
6.		0	1 5

3.2

:				
: 6				
:				
2.	-	6	14	10, 11, 12, 13, 15, 7, 9
:				

1.	0	8	12, 13, 15, 5, 6, 7, 8	: - ; -
3.	6	12	10, 11, 12, 13, 15, 5, 6, 8, 9	: - ;- () ;- . - , , .
4.	0	2	11, 15, 6	: - : GMRES, BiCGSTAB. - , .

3.3

	,	.		
: 5				
	:		,	.

<p>(5-)</p> <p>» []: - / . . . « , . . .</p> <p>; . . . - . . . , [2011]. - :</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000162508. - . . .</p> <p>[]: / . . .</p> <p>; . . . - . . . , [2014]. - :</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000197071. - . . .</p>			
2		10, 11, 12, 13, 14, 15, 5, 6, 7, 9	30 3
<p>[]: - / . . . , . . .</p> <p>; . . . - . . . , [2014]. - :</p> <p>http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000197071. - . . .</p>			
3		10, 11, 12, 13, 14, 5, 6, 7, 9	15 2
<p>: . . . / . . . []:</p> <p>- , [2014]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000197071. - . . .</p>			

5.

- , (. 5.1).

5.1

	-
	; ;
	;

1	.2; .3;
Формируемые умения: з3. знать основы метода конечных элементов и других сеточных методов; у1. уметь оценивать результаты моделирования и сопоставлять их с результатами натуральных экспериментов; у2. уметь применять основные математические методы при построении моделей	
Краткое описание применения: Разработка проектов программ при выполнении лабораторных работ	
[]: - / : ; [2014]. - : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000197071. - ."	

6.

(),

-
15-

ECTS.

. 6.1.

6.1

: 5		
Практические занятия: Тема №1	8	16
Практические занятия: Тема №2	8	16
Практические занятия: Тема №3	8	16
Практические занятия: Тема №4	8	16
Практические занятия: Тема №5	8	16
Зачет:	10	20
: 6		
Лабораторная: Лабораторная работа №1	8	15
3 (010500) " / ; [. . . .]. - , 2007. - 31, [1] ... : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071151"		
Лабораторная: Лабораторная работа №2	10	20
3 (010500) " / ; [. . . .]. - , 2007. - 31, [1] ... : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071151"		
Лабораторная: Лабораторная работа №3	7	15
3 (010500) " / ; [. . . .]. - , 2007. - 31, [1] ... : http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071151"		
Лабораторная: Лабораторная работа №4	5	10
Курсовой проект:		
	50	100 (в состав баллов за КП)
Экзамен:	20	40

		/		
.1	1.		+	+
.1	3.	+		+
.2	3.	+		+
	2.	+	+	+
.3	1.	+		+
.4	1.	+		

1

7.

1. Численные методы в уравнениях математической физики : учебное пособие / [М. Г. Персова и др.] ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2016. - 57, [2] с. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000232319
 2. Соловейчик Ю. Г. Метод конечных элементов для решения скалярных и векторных задач : [учебное пособие] / Ю. Г. Соловейчик, М. Э. Рояк, М. Г. Персова ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 895 с. : ил.
 3. Тихонов А. Н. Уравнения математической физики : учебник для физико-математических специальностей университетов / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - М., 2004. - 798 с.
 4. Вержбицкий В. М. Основы численных методов : учебник для вузов по направлению "Прикладная математика" / В. М. Вержбицкий. - М., 2005. - 839, [1] с. : ил., табл.
 5. Будаков Б. М. Сборник задач по математической физике : учебное пособие для студентов университетов / Б. М. Будаков, А. А. Самарский, А. Н. Тихонов. - М., 2004. - 688 с. : ил., табл.
 6. Уравнения математической физики: Учебник для вузов / В.С. Владимиров, В.В. Жаринов. - 2-е изд., стер. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 400 с.: 60x90 1/16. (переплет) ISBN 978-5-9221-0310-7, 1500 экз. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=169279> - Загл. с экрана.
 7. Уравнения математической физики/Ильин А. М. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 192 с.: ISBN 978-5-9221-1036-5 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=544745> - Загл. с экрана.
1. Владимиров В. С. Уравнения математической физики : учебник для вузов / В. С. Владимиров, В. В. Жаринов. - М., 2004. - 398, [1] с. : ил.
 2. Самарский А. А. Методы решения сеточных уравнений : Учебное пособие для вузов по специальности "Прикладная математика" / А. А. Самарский, Е. С. Николаев. - М., 1978. - 588, [3] с.
 3. Арсенин В. Я. Методы математической физики и специальные функции : учебное пособие для вузов / В. Я. Арсенин. - М., 1984. - 384 с.

4. Стренг Г. Теория метода конечных элементов : Перевод с англ. / Г. Стренг, Дж. Фикс; пер. с англ. В. И. Агошкова, В. А. Василенко, В. В. Шайдунова; под ред. Г. И. Марчука. - М., 1977. - 349 с.

5. Лаевский Ю. М. Метод конечных элементов (основы теории, задачи) / Ю. М. Лаевский ; Новосиб. гос. ун-т. - Новосибирск, 1999. - 166 с. : ил

6. Рояк М. Э. Сеточные методы решения краевых задач математической физики : Учеб. пособие для III курса спец. 510200 / Новосиб. гос. техн. ун-т ; М. Э. Рояк, Ю. Г. Соловейчик, Э. П. Шурина. - Новосибирск, 1998. - 120 с. : ил.

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>

2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>

3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>

4. ЭБС "Znanium.com" : <http://znanium.com/>

5. :

8.

8.1

1. Уравнения математической физики : методические указания к выполнению лабораторных работ для 3 курса ФПМИ специальности 010500 дневного отделения / Новосиб. гос. техн. ун-т ; [сост. М. Г. Персова и др.]. - Новосибирск, 2007. - 31, [1] с.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000071151

2. Персова М. Г. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Уравнения математической физики» [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000162508. - Загл. с экрана.

3. Персова М. Г. Уравнения математической физики [Электронный ресурс] : электронный учебно-методический комплекс / М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2014]. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000197071. - Загл. с экрана.

8.2

1 Visual Studio 2010

2 Watcom Fortran

3 Open Watcom

9.

1	(Internet
	Internet)	

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

Кафедра прикладной математики

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФПМИ
д.т.н., доцент В.С. Тимофеев
“ ____ ” _____ ____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Уравнения математической физики

Образовательная программа: 01.03.02 Прикладная математика и информатика, профиль:
Компьютерное моделирование и информационные технологии

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине «Уравнения математической физики» 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.1 способность использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой	з1. знать основы уравнений математической физики	Гиперболические уравнения: формула Даламбера, фундаментальное решение, краевые задачи, метод разделения переменных для решения однородных и неоднородных краевых задач. Классификация дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных. Типы уравнений. Понятие краевого и начального условия, краевой и начально-краевой задачи. Конечно-разностная аппроксимация эллиптических краевых задач. Порядок аппроксимации, сходимость. Метод конечных разностей при решении эволюционных задач: явные, неявные схемы, многослойные схемы. Порядок аппроксимации, устойчивость, сходимость. Параболические уравнения: метод разделения переменных для решения краевых задач параболического типа, фундаментальное решение. Понятие об интегральных уравнениях. Применение метода конечных элементов для решения краевых задач с гармоническими по времени источниками. Эллиптические уравнения: гармонические функции, фундаментальное решение, принцип максимума, метод разделения переменных, функция Грина.		Зачет, вопросы №1–13, 22, 23 Экзамен, задания №1–2
ПК.1/НИ способность собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным	з3. знать основы численных методов	Программная реализация методов решения несимметричных СЛАУ, получаемых в результате конечноэлементной аппроксимации. Программная реализация решения задач с гармоническими по времени источниками методом конечных элементов. Программная реализация решения нелинейных начально-краевых задач методом конечных элементов.	Курсовой проект, разделы «Практическая часть», «Выводы, отражающие результаты тестирования и исследований»	Экзамен, задания №1–8

исследованиям		Программная реализация решения эллиптических краевых задач методом конечных разностей		
ПК.2/НИ способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	з3. знать основы метода конечных элементов и других сеточных методов	Конечно-разностная аппроксимация эллиптических краевых задач. Порядок аппроксимации, сходимость. Метод конечных разностей при решении эволюционных задач: явные, неявные схемы, многослойные схемы. Порядок аппроксимации, устойчивость, сходимость. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений с несимметричной разреженной матрицей. Применение метода конечных элементов для решения краевых задач с гармоническими по времени источниками. Программная реализация методов решения несимметричных СЛАУ, получаемых в результате конечноэлементной аппроксимации. Программная реализация решения задач с гармоническими по времени источниками методом конечных элементов. Программная реализация решения нелинейных начально-краевых задач методом конечных элементов. Программная реализация решения эллиптических краевых задач методом конечных разностей. Сосредоточенные источники. Учет сосредоточенных источников при использовании метода конечных элементов.	Курсовой проект, разделы «Теоретическая часть», «Практическая часть»	Экзамен, задания №1–8
ПК.2/НИ	у2. уметь применять основные математические методы при построении моделей	Конечно-разностная аппроксимация эллиптических краевых задач. Порядок аппроксимации, сходимость. Метод конечных разностей при решении эволюционных задач: явные, неявные схемы, многослойные схемы. Порядок аппроксимации, устойчивость, сходимость. Краевые задачи, описывающие различные физические процессы: стационарного и нестационарного теплопереноса, электростатики. Задачи, описывающие распространение звуковых и электромагнитных волн. Краевые условия различных типов, их физический смысл.	Курсовой проект, разделы «Теоретическая часть», «Практическая часть»	Зачет, вопросы № 14–21; Экзамен, задания №1, 3, 6, 8

		Применение метода конечных элементов для решения краевых задач с гармоническими по времени источниками. Программная реализация решения задач с гармоническими по времени источниками методом конечных элементов. Программная реализация решения нелинейных начально-краевых задач методом конечных элементов.		
ПК.3/НИ способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности	у1. уметь оценивать результаты моделирования и сопоставлять их с результатами натуральных экспериментов	Понятие обратной задачи Программная реализация решения задач с гармоническими по времени источниками методом конечных элементов.	Курсовой проект, разделы «Теоретическая часть», «Практическая часть», «Выводы, отражающие результаты тестирования и исследований»	Экзамен, задание 7
ПК.4/ППр способность работать в составе научно-исследовательского и производственного коллектива и решать задачи профессиональной деятельности	у1. уметь индивидуально и в команде вести разработку алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования	Разработка программного обеспечения для решения начально-краевых задач методом конечных элементов	Курсовой проект, раздел «Практическая часть»	

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 5 семестре - в форме дифференцированного зачета, в 6 семестре - в форме экзамена, которые направлены на оценку сформированности компетенций ОПК.1, ПК.1/НИ, ПК.2/НИ, ПК.3/НИ, ПК.4/ППр.

Форма проведения зачета, принцип формирования билета, примерный перечень вопросов, а также критерии оценивания сформулированы в паспорте зачета.

Форма проведения экзамена, принцип формирования билета, примерный перечень вопросов, а также критерии оценивания сформулированы в паспорте экзамена.

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

В 6 семестре обязательным этапом текущей аттестации являются курсовой проект. Требования к выполнению курсового проекта, состав и правила оценки сформулированы в паспорте курсового проекта.

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.1, ПК.1/НИ, ПК.2/НИ, ПК.3/НИ, ПК.4/ППр, 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 носят существенный характер, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, 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, возможно, с некоторыми ошибками.

Базовый. Уровень выполнения работ отвечает всем основным требованиям, теоретическое содержание курса освоено в достаточной степени, 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, 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 зачета

по дисциплине «Уравнения математической физики», 5 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной (1-3 задание в билете) и устной (4-5 задание в билете) форме, по билетам. Студенту выделяется время на подготовку (3 часа). При подготовке студент может использовать лекционный материал и учебные пособия по курсу. Билет формируется по следующему правилу: первое и второе задание предполагает решение параболического и гиперболического уравнений методом разделения переменных, третье – решение одномерной эллиптической краевой задачи с разрывным коэффициентом диффузии. Четвертое и пятое задание формируется из списка вопросов, приведенного ниже, в п.4. Каждое задание оценивается *от 0 до 4 баллов*.

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФПМИ

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Уравнения математической физики»

1. Решить задачу методом разделения переменных:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad 0 < x < \pi, \quad t > 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=0} = 0, \quad \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=\pi} = 0, \quad u(x, 0) = 4 \cos 3x, \quad u_t(x, 0) = 4 \cos 5x$$

2. Решить задачу методом разделения переменных:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad 0 < x < \pi, \quad t > 0$$

$$u(0, t) = 0, \quad u(\pi, t) = 0, \quad u(x, 0) = 10 \sin 4x$$

3. Найти решение краевой задачи для уравнения $-\frac{d}{dx} \left(\lambda \frac{du}{dx} \right) = 0$ в $\Omega = [0; 10]$ при условии,

что $\lambda = 1$ при $x \in [0; 2.5]$ и $\lambda = 2$ при $x \in [2.5; 10]$

с краевыми условиями $\lambda \frac{du}{dx} \Big|_{x=0} = -1, \quad u \Big|_{x=10} = 6.25$.

4. Классификация дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных. Типы уравнений.

5. Эллиптические уравнения: метод разделения переменных для задачи в круге.

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

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не имеет представления об области применения соответствующих методов, оценка составляет *менее 10 баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, знает область применения соответствующих методов, может привести примеры, оценка составляет *от 11 до 14 баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, знает область применения соответствующих методов, может записать их вычислительные схемы, используемые при их реализации, оценка составляет *от 15 до 18 баллов*.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы грамотно оперирует теоретическими понятиями, может объяснить в деталях вычислительные схемы, используемые при реализации соответствующих методов, способен провести сравнительный анализ подходов, обозначить проблемы, привести конкретные примеры из практики, оценка составляет *от 19 до 20 баллов*.

3. Шкала оценки

К зачету допускаются студенты, получившие по каждой из тем практических занятий не менее минимального количества баллов в соответствии с таблицей 6.1 и набравшие суммарно не менее *40 баллов*.

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее *10 баллов* (из *20* возможных).

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

Перевод баллов, полученных по дисциплине, в традиционную шкалу оценок осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки достижений студентов НГТУ.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Уравнения математической физики»

Пример билета и правила его формирования представлены в разделе 1. Список вопросов, из которых формируются 4-й и 5-й вопросы билета представлен ниже.

1. Классификация дифференциальных уравнений второго порядка в частных производных. Типы уравнений.
2. Понятие краевого и начального условия, краевой и начально-краевой задачи.
3. Гиперболические уравнения: формула Даламбера.
4. Гиперболические уравнения: фундаментальное решение.
5. Гиперболические уравнения: краевые задачи.
6. Гиперболические уравнения: метод разделения переменных для решения однородных и неоднородных краевых задач.
7. Параболические уравнения: метод разделения переменных для решения краевых задач параболического типа.
8. Параболические уравнения: фундаментальное решение.
9. Эллиптические уравнения: гармонические функции.
10. Эллиптические уравнения: фундаментальное решение.

11. Эллиптические уравнения: принцип максимума.
12. Эллиптические уравнения: метод разделения переменных для задачи в круге.
13. Эллиптические уравнения: функция Грина.
14. Краевые задачи, описывающие процессы стационарного теплопереноса.
15. Краевые задачи, описывающие процессы нестационарного теплопереноса.
16. Краевые задачи, описывающие электростатическое поле.
17. Задачи, описывающие распространение звуковых волн.
18. Задачи, описывающие распространение электромагнитных волн.
19. Краевые условия первого рода. Их физический смысл.
20. Краевые условия второго рода. Их физический смысл.
21. Краевые условия третьего рода. Их физический смысл.
22. Подходы к решению интегральных уравнений.
23. Сеточные методы решения интегрального уравнения.

Паспорт экзамена

по дисциплине «Уравнения математической физики», 6 семестр

1. Методика оценки

Экзамен проводится в письменной форме, по билетам. Студенту выделяется время на выполнение заданий билета (4 часа). При подготовке студент может использовать лекционный материал и учебные пособия по курсу. Билет содержит 8 заданий и формируется по следующему правилу: первое задание по теме «Конечно-разностная аппроксимация эллиптических задач» нацелено на проверку знаний схемы построения разностной схемы в двумерной области; второе задание по теме «Решение эволюционных задач (явные, неявные, многослойные схемы)» нацелено на проверку знаний схем построения дискретизаций по времени для параболических и гиперболических уравнений; третье задание по теме «Методы решения нелинейных задач» нацелено на проверку знаний вычислительных схем решения нелинейных краевых задач с использованием метода Ньютона; четвертое, пятое и шестое задания по теме «Решение краевых и начально-краевых задач методом конечных элементов» нацелено на проверку знаний вычислительных схем построения конечноэлементных решений; седьмое задание по темам «Методы решения СЛАУ с несимметричной разреженной матрицей» и «Понятие обратной задачи» нацелено на проверку понимания основных понятий по этим темам; восьмое задание по теме «Применение метода конечных элементов для решения краевых задач с гармоническими по времени источниками» нацелено на проверку знаний способов построения вариационных постановок для этих задач. Каждое задание оценивается *от 0 до 5 баллов*.

Форма экзаменационного билета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФПМИ

Билет № _____

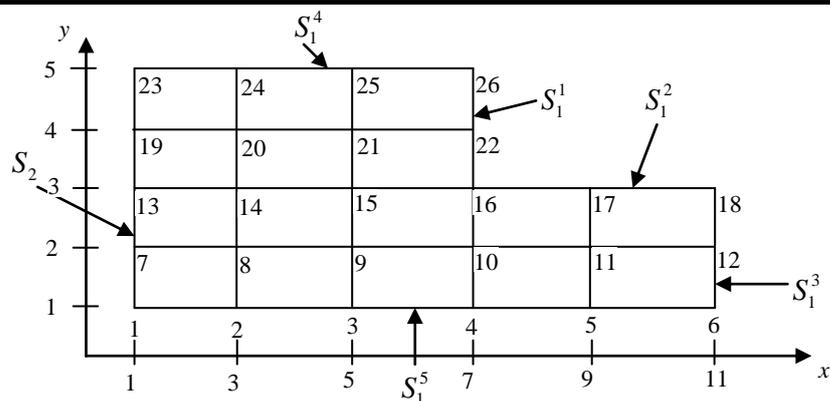
к экзамену по дисциплине «Уравнения математической физики»

1. Построить конечно-разностную аппроксимацию для уравнения

$$-\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + 2u = 2xy$$

с использованием пятиточечной схемы.

Записать матрицу и правую часть. Координаты и номера узлов сетки и краевые условия имеют вид:



$$u|_{S_1^1} = 7y, \quad u|_{S_1^2} = 3x, \quad u|_{S_1^3} = 11y, \quad u|_{S_1^4} = 5x, \quad u|_{S_1^5} = x, \quad \left. \frac{\partial u}{\partial n} \right|_{S_2} = -y.$$

(5 баллов)

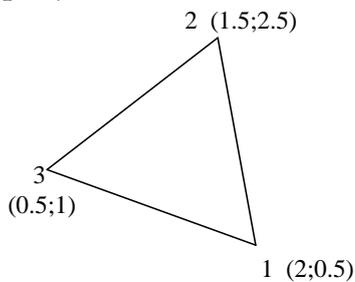
2. Записать трехслойную явную схему для уравнения гиперболического типа.

(5 баллов)

3. Для МКЭ-аппроксимации эллиптического уравнения: $-\operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} u) + \gamma u = f$ выполнить расчет производной по \hat{q} компонент локальной матрицы $\hat{A}(\hat{q})$ при условии, что параметр уравнения λ зависит от решения. Базисные функции – линейные, \hat{q}_i – веса разложения решения u по базисным функциям ψ_i .

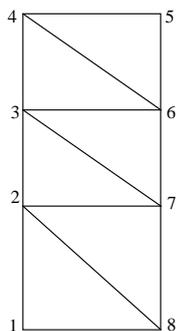
(5 баллов)

4. Построить локальную матрицу жесткости треугольного конечного элемента с линейными базисными функциями. Координаты и нумерация узлов треугольника приведены на рисунке:



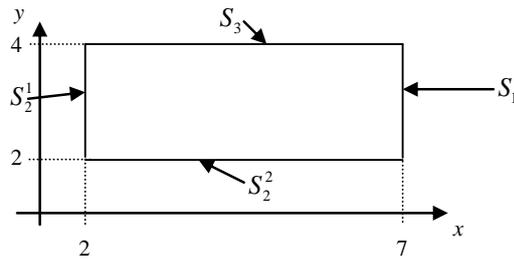
(5 баллов)

5. Построить портрет матрицы конечноэлементной СЛАУ в разреженном формате для сетки:



(5 баллов)

6. Записать вариационную постановку в форме Галеркина для уравнения $-\operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} u) + \gamma u = 0$ в следующей области (с учетом краевых условий):



$$u|_{S_1} = 0, \quad \lambda \frac{\partial u}{\partial n}|_{S_2} = 2, \quad \lambda \frac{\partial u}{\partial n}|_{S_3} = -5, \quad \lambda \frac{\partial u}{\partial n}|_{S_4} + 3u|_{S_4} - 15 = 0.$$

(5 баллов)

7. Может ли возрасть невязка при решении СЛАУ методом GMRES и почему?

(5 баллов)

8. Записать формулы для вычисления компонент локальной матрицы для прямоугольного билинейного элемента в декартовой системе координат для МКЭ-аппроксимации системы уравнений, получаемой при решении гармонических задач:

$$\begin{cases} -\operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} u^s) - \omega \sigma u^c = f^s, \\ -\operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} u^c) + \omega \sigma u^s = f^c. \end{cases}$$

(5 баллов)

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 имеет представления об области применения соответствующих методов, оценка составляет *менее 20 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, знает область применения соответствующих методов, может привести примеры, оценка составляет *от 20 до 29 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, знает область применения соответствующих методов, может записать их вычислительные схемы, используемые при их реализации, оценка составляет *от 30 до 35 баллов*.
- Ответ на экзаменационный билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы грамотно оперирует теоретическими понятиями, может объяснить в деталях вычислительные схемы, используемые при реализации соответствующих методов, способен провести сравнительный анализ подходов, обозначить проблемы,

привести конкретные примеры из практики, оценка составляет *от 36 до 40 баллов*.

3. Шкала оценки

К экзамену допускаются студенты, выполнившие в семестре лабораторные работы и получившие по каждой из лабораторных работ не менее минимального количества баллов в соответствии с таблицей 6.1 и набравшие суммарно не менее 30 баллов.

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 20 баллов (из 40 возможных).

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

Перевод баллов, полученных по дисциплине, в традиционную шкалу оценок осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки достижений студентов НГТУ.

4. Вопросы к экзамену по дисциплине «Уравнения математической физики»

Пример билета и правила его формирования представлены в разделе 1. Задания 1, 4, 5, 6 в остальных билетах формируются по аналогичному принципу заменой числовых значений в соответствующих задачах. Варианты вопросов в заданиях 2, 3, 7, 8 представлены ниже.

Задание 2

- 1 Записать трехслойную явную схему для уравнения гиперболического типа.
- 2 Записать трехслойную явную схему для уравнения параболического типа.
- 3 Записать трехслойную неявную схему для уравнения гиперболического типа.
- 4 Записать трехслойную неявную схему для уравнения параболического типа.
- 5 Записать схему Кранка-Николсон для уравнения гиперболического типа.
- 6 Записать схему Кранка-Николсон для уравнения параболического типа.

Задание 3

Для МКЭ-аппроксимации эллиптического уравнения:

$$-\operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} u) + \gamma u = f \quad \text{выполнить:}$$

- 1 Расчет производной по \hat{q} компонент локальной матрицы $\hat{A}(\hat{q})$ при условии, что параметр уравнения λ зависит **от решения**. Базисные функции – линейные.
- 2 Расчет производной по \hat{q} компонент локальной матрицы $\hat{A}(\hat{q})$ при условии, что параметр уравнения λ зависит **от производной решения**. Базисные функции – линейные.
- 3 Расчет производной по \hat{q} компонент локальной матрицы $\hat{A}(\hat{q})$ при условии, что параметр уравнения γ зависит **от решения**. Базисные функции – линейные.
- 4 Расчет производной по \hat{q} компонент локальной матрицы $\hat{A}(\hat{q})$ при условии, что параметр уравнения γ зависит **от производной** решения. Базисные функции – линейные.
- 5 Расчет производной по \hat{q} компонент локальной матрицы $\hat{A}(\hat{q})$ при условии, что параметр уравнения $f(u)$ зависит **от решения**. Базисные функции – линейные.
- 6 Расчет производной по \hat{q} компонент локальной матрицы $\hat{A}(\hat{q})$ при условии, что параметр уравнения $f(u)$ зависит **от производной** решения. Базисные функции – линейные.

Задание 7

- 1 Может ли возрастать невязка при решении СЛАУ методом GMRES и почему?
- 2 Может ли возрастать невязка при решении СЛАУ методом BCG и почему?

- 3 Может ли возрастать невязка при решении СЛАУ методом ЛОС и почему?
- 4 Может ли возрастать невязка при решении СЛАУ методом МСГ и почему?
- 5 Понятие параметра релаксации при решении нелинейных задач. Условия выхода из итерационного процесса.
- 6 Понятие обратной задачи.

Задание 8.

Для МКЭ-аппроксимации системы уравнений, получаемой при решении гармонических задач:

$$\begin{cases} -\operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} u^s) - \omega \sigma u^c = f^s, \\ -\operatorname{div}(\lambda \operatorname{grad} u^c) + \omega \sigma u^s = f^c \end{cases}$$

- 1 Записать формулы для вычисления компонент локальной матрицы для прямоугольного **билинейного** элемента **в декартовой** системе координат.
- 2 Записать формулы для вычисления компонент локальной матрицы для прямоугольного **билинейного** элемента **в цилиндрической** системе координат.
- 3 Записать формулы для вычисления компонент локальной матрицы для прямоугольного **билинейного** элемента **в полярной** системе координат.
- 4 Записать формулы для вычисления компонент локальной матрицы для прямоугольного **биквадратичного** элемента **в декартовой** системе координат.
- 5 Записать формулы для вычисления компонент локальной матрицы для прямоугольного **биквадратичного** элемента **в цилиндрической** системе координат.
- 6 Записать формулы для вычисления компонент локальной матрицы для прямоугольного **биквадратичного** элемента **в полярной** системе координат.

Студент может набрать дополнительные баллы за выполнение дополнительных заданий на лабораторных работах.

Паспорт курсового проекта

по дисциплине «Уравнения математической физики», 6 семестр

1. Методика оценки.

Перед выполнением курсового проекта студент получает у руководителя задание на курсовой проект (тематика представлена ниже), учебную и методическую литературу и график выполнения работы.

Выполнение курсового проекта включает в себя

а) теоретическую часть, которая содержит:

- математические выкладки;
- описание алгоритмов;
- описание тестов;

б) практическую часть, которая содержит:

- программную реализацию разработанных алгоритмов;
- результаты тестирования программ;
- исследования, выполняемые по заданию преподавателя;

в) выводы, в которых должны быть отражены результаты тестирования и исследований;

г) оформление пояснительной записки, которая включает в себя описание основных пунктов работы (см. а)–в)), тексты программ.

Для защиты студент должен иметь при себе пояснительную записку и программу на электронном носителе. В ходе защиты курсового проекта студент должен ответить на вопросы преподавателя по всем пунктам пояснительной записки. По требованию преподавателя в ходе защиты студент должен сделать изменения в программе и выдать необходимые результаты, которые будут свидетельствовать о правильности ее работы, а также о самостоятельности выполнения студентом курсового проекта и глубины понимания реализуемых в курсовом проекте методов.

2. Критерии оценки.

- проект считается **невыполненным**, если студент не понимает суть решаемой задачи и выполнил меньше половины задания, оценка составляет *менее 50 баллов*.
- проект считается выполненным **на пороговом** уровне, если студент понимает основную суть решаемой задачи, выполнил не менее половины задания, но допустил существенные ошибки в программах, оценка составляет *от 50 до 72 баллов*.
- проект считается выполненным **на базовом** уровне, если студент выполнил большую часть задание и продемонстрировал понимание изученного метода решения задачи, а также разработал программу, проходящую основные тесты, оценка составляет *от 73 до 86 баллов*.
- проект считается выполненным **на продвинутом** уровне, если студент полностью и самостоятельно выполнил задание, продемонстрировал владение изученным методом

решения задачи, правильно спроектировал программу и, при наличии незначительных ошибок в программах, обнаруженных в ходе тестирования преподавателем, понимает способы их исправления, оценка составляет *от 87 до 100 баллов*.

3. Шкала оценки.

Оценка за курсовой проект не входит в общую оценку по дисциплине. Курсовой проект оценивается отдельно. Максимальная оценка составляет 100 баллов, минимальная оценка составляет 50 баллов. Курсовой проект считается сданным, если оценка за него составляет не менее 50 баллов.

Перевод баллов, полученных по дисциплине, в традиционную шкалу оценок осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценки достижений студентов НГТУ.

4. Примерный перечень тем курсового проекта (работы).

Тематика курсового проекта связана с решением уравнений гиперболического и параболического типа в неоднородных одномерных, двумерных и трехмерных областях с помощью метода конечных элементов при использовании различных схем дискретизации по времени. Курсовой проект по УМФ выполняется на основе курсового проекта по численным методам, т.е. студент решает поставленную задачу с использованием тех конечных элементов и определенных на них базисных функций, которые были предусмотрены в задании по курсовому проекту по численным методам (5-ый семестр). Конкретная тематика курсового проекта формируется из тематики курсового проекта по численным методам и следующих тем:

1. Параболическая задача. Неявная двухслойная схема по времени.
2. Параболическая задача. Неявная трехслойная схема по времени.
3. Параболическая задача. Схема Кранка-Николсон для аппроксимации по времени.
4. Параболическая задача. Неявная четырехслойная схема по времени.
5. Гиперболическая задача. Явная трехслойная схема по времени.
6. Гиперболическая задача. Неявная трехслойная схема по времени.
7. Гиперболическая задача. Схема Кранка-Николсон для аппроксимации по времени.
8. Гиперболическая задача. Явная четырехслойная схема по времени.
9. Гиперболическая задача. Неявная четырехслойная схема по времени.

5. Перечень вопросов к защите курсового проекта (работы).

В ходе защиты курсового проекта студент должен ответить на вопросы преподавателя по всем пунктам пояснительной записки. Вопросы касаются следующих тем:

- 1) математическая модель применительно к тематике курсового проекта;
- 2) вариационная постановка применительно к используемой математической модели;
- 3) явные и неявные схемы аппроксимации по времени;
- 4) многослойные схемы аппроксимации по времени;
- 5) сборка глобальной матрицы и вектора правой части;
- 6) метод решения конечноэлементной системы;
- 7) построение тестовых задач.