

«

»

“ ”

“ ”

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Математические модели в естествознании

: 01.03.02

: 4, : 7

		7
1	()	2
2		72
3	, .	42
4	, .	36
5	, .	0
6	, .	0
7	, .	6
8	, .	2
9	, .	4
10	, .	30
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.3 способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям; в части следующих результатов обучения:
1.
Компетенция ФГОС: ПК.2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат; в части следующих результатов обучения:
1.

2.

2.1

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

.2. 1

1. О наиболее распространенных моделях, встречающихся в задачах естествознания	;
2. О дискретных и непрерывных физико-математических моделях	;
3. О моделях, описывающих стационарные и нестационарные тепловые поля	;
4. О системе уравнений Максвелла и построенных на её основе моделях для описания электромагнитных процессов	;
5. Об уравнениях Навье-Стокса, Эйлера	;
6. Об основных моделях, используемых для описания процессов переноса в турбулентных режимах течения жидкостей и газов	;
7. Основные математические модели	;
8. Основные методы моделирования тепловых и диффузионных физических процессов	;

.3. 1

9. Применять математические модели для описания различных физических процессов	;
10. Строить дискретную модель по непрерывной	;
11. Проведения вычислительных экспериментов	;

3.

3.1

1.	1	4	1, 7	

2.	1	4	1, 2	
3.	1	6	1, 2, 3	
4.	1	6	1, 2, 4	
5.	2	6	1, 2, 3, 5, 6	
:				
6.	0	8	11, 7, 8, 9	
7.	0	2	10, 11, 2	

4.

: 7				
1		1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	20	2
<p>3 :</p> <p>[]: - / ,</p> <p>; - - - - - , [2011]. -</p> <p>http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_835_1324879519.doc -</p>				
2		1, 10, 11, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	10	2

[]: - / . . . ; . . . - . . . , [2011]. - :
http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_835_1324879519.doc -

5.

(. 5.1).

5.1

	-

5.2

1		.2;
Формируемые умения: з1. знать физические основы математических моделей природных и технологических объектов		
Краткое описание применения: Разбор возникающих вопросов в ходе лекций		
[]: - / . . . , . . . ; . . . - . . . , [2011]. - : http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_835_1324879519.doc -"		

6.

(), - 15- ECTS.

. 6.1.

6.1

:7		
РГЗ:	40	80
[]: - / . . . , [2011]. - : http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_835_1324879519.doc		
Зачет:	10	20
[]: - / . . . , [2011]. - : http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_835_1324879519.doc		

6.2

6.2

.3	1.	+	+

.2	1.		+	+
----	----	--	---	---

1

7.

1. 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.

2. Куликов И. М. Технологии разработки программного обеспечения для математического моделирования физических процессов. Ч. 1 : [учебное пособие] / И. М. Куликов ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2013. - 38, [2] с. : ил. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000178648

1. 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.

2. Сабоннадьер Ж. Метод конечных элементов и САПР : Пер. с фр. / Под ред. Стрельбицкого Э. К. - М., 1989. - 192 с.

3. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики : учебное пособие / Г. И. Марчук. - СПб. [и др.], 2009. - 608 с. - На обл.: Знание! Уверенность! Успех!.

4. Ортега . Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем : [учебник] / Дж. Ортега ; пер. с англ. Х. Д. Икрамова, И. Е. Капорина, ред. пер. Х. Д. Икрамов. - М., 1991. - 364, [1] с. : ил., схемы, табл.

5. Ортега . Итерационные методы решения нелинейных систем уравнений со многими неизвестными : [монография] / Джеймс Ортега, Вернер Рейнболдт ; пер. с англ. Э. В. Вершкова [и др.] ; под ред. И. В. Коновальцева. - М., 1975. - 558 с. : ил.

6. Ортега Д. М. Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений / Дж. Ортега, У. Пул ; пер. с англ. Н. Б. Конюховой, под ред. А. А. Абрамова. - М., 1986. - 288 с. : ил., схемы, табл.

7. Рояк М. Э. Реализация и анализ вычислительных схем МКЭ при моделировании электромагнитных полей в сложных областях : дис. ... д-ра техн. наук : 05.13.18 / Рояк М. Э. ; науч. рук. Соловейчик Ю. Г. ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2006. - 319 л. : ил.

8. Соловейчик Ю. Г. Вычислительные схемы МКЭ-моделирования трехмерных электромагнитных и тепловых полей в сложных областях : 05.13.6 : автореф. дис ... д-ра техн. наук / Соловейчик Юрий Григорьевич ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1997. - 48 с.

9. Черняк В. Г. Механика сплошных сред : [учебное пособие для вузов по направлению "Физика"] / В. Г. Черняк, П. Е. Суетин. - М., 2006. - 352 с. : ил.

10. Иродов И. Е. Механика. Основные законы / И. Е. Иродов. - М., 2006. - 309 с. : ил.

11. Корнилович А. А. Физика в примерах : [учебник] / А. А. Корнилович. - Новосибирск, 2003. - 279 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. :

6. Рояк М. Э. Методические указания к выполнению РГЗ по курсу «История и методология прикладной математики и информатики» : учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / М. Э. Рояк ; Новосиб. гос. техн. ун-тНовосибирск, [2011]. – Режим доступа: http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2012/lib_846_1325857487.doc. – Загл. с экрана.

8.

8.1

1. Бердников В. С. Концепции современного естествознания [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / В. С. Бердников, А. В. Митина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, [2011]. - Режим доступа: http://ciu.nstu.ru/fulltext/unofficial/2011/lib_835_1324879519.doc. - Загл. с экрана.

8.2

1 Visual Studio 2010

9.

-

1	(- , ,)	

1. Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Обобщенная структура фонда оценочных средств по дисциплине Математические модели в естествознании 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.3 способность к разработке алгоритмических и программных решений в области системного и прикладного программирования, математических, информационных и имитационных моделей, созданию информационных ресурсов глобальных сетей, образовательного контента, прикладных баз данных, тестов и средств тестирования систем и средств на соответствие стандартам и исходным требованиям	у1. уметь анализировать математические модели	Метод конечных элементов как один из эффективных методов построения дискретных аналогов. Основные этапы математического моделирования. Общие принципы построения математических моделей. Технология вычислительного эксперимента (лекции проходят в форме семинара в диалоговом режиме).	РГЗ	Зачет, вопросы (1,2)
ПК.2/НИ способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат	з1. знать физические основы математических моделей природных и технологических объектов	Введение в теорию поля. Поле точечного источника. Поле распределенного источника. Понятие ротора и дивергенции Математические модели на основе обыкновенных дифференциальных уравнений в естествознании. Метод конечных элементов как один из эффективных методов построения дискретных аналогов. Модели на основе системы уравнений Максвелла. Электромагнитные поля. Система уравнений Максвелла. Описание электромагнитного поля с использованием непрерывных векторного и скалярного потенциалов Основные этапы математического моделирования. Общие принципы построения математических моделей. Технология вычислительного эксперимента (лекции	РГЗ	Зачет, вопросы (2,3)

		проходят в форме семинара в диалоговом режиме). Стационарные тепловые поля. Краевые задачи. Интегральные соотношения, описывающие тепловые балансы. Нестационарные тепловые поля. Структура тепловых полей. Реакция нестационарных полей на изменение коэффициентов дифференциальных уравнений. Учет фазового перехода. Уравнения Эйлера и Навье-Стокса. Граничные условия для уравнений гидродинамики и энергии. Течения Куэтта и Пуазейля, течение в пограничном слое.		
--	--	---	--	--

2. Методика оценки этапов формирования компетенций в рамках дисциплины.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в 7 семестре - в форме зачета, который направлен на оценку сформированности компетенций ОПК.3, ПК.2/НИ.

Зачет проводится в устной форме, по билетам.

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

В 7 семестре обязательным этапом текущей аттестации является расчетно-графическое задание (работа) (РГЗ(Р)). Требования к выполнению РГЗ(Р), состав и правила оценки сформулированы в паспорте РГЗ(Р).

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.3, ПК.2/НИ, 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 зачета

по дисциплине «Математические модели в естествознании», 7 семестр

1. Методика оценки

Зачет проводится в устной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: три вопроса выбираются из общего списка (список вопросов приведен ниже). В ходе зачета преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня (п. 4).

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФПМИ

Билет № 9

к зачету по дисциплине «Математические модели в естествознании»

1. Вопрос 1. Теплоемкость. Энтальпия. Уравнения состояния.
2. Вопрос 2. Уравнение энергии.
3. Вопрос 3. Основные параметры подобия и их физическая интерпретация. Числа Прандтля и Рэлея.

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

2. Критерии оценки

1. Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, не способен показать причинно-следственные связи явлений, допускает принципиальные ошибки, оценка составляет *0-9 баллов*.
2. Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент провел численное моделирование математически и физически адекватно поставленной задачи и ответы на вопросы правильные, но не полные, оценка составляет *10-14 баллов*.
3. Ответ на билет для зачета засчитывается на **базовом** уровне, если студент провел численное моделирование и выполнил РГР физически правильно, и ответы на теоретические вопросы полные и правильные, оценка составляет *15-17 баллов*.

4. Ответ на билет для зачета засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент выполнил все задания правильно и полностью. При этом при численном моделировании получил физически оправданные результаты и ответил на теоретические вопросы по курсу лекций, оценка составляет 18-20 *баллов*.

3. Шкала оценки

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.

4. Вопросы к зачету по дисциплине «Математические модели в естествознании»

1. Термодинамическая система, ее параметры и условия равновесия. Равновесные состояния и равновесные процессы.
2. Внутренняя энергия термодинамической системы.
3. Теплоемкость. Энтальпия. Уравнения состояния.
4. Уравнения баланса и законы сохранения в термодинамической системе.
5. Диффузионные процессы. Основные способы переноса теплоты.
6. Поле температуры. Тепловой поток. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности для процессов теплопроводности.
7. Динамические системы.
8. Стационарное состояние динамической системы.
9. Устойчивые и неустойчивые движения (по Ляпунову) в динамических системах
10. Концепция сплошной среды.
11. Физические свойства жидкости и газа.
12. Уравнение неразрывности.
13. Уравнения движения Навье-Стокса.
14. Уравнения Эйлера и Стокса.
15. Уравнение энергии.
16. Определяющие соотношения ньютоновских жидкостей.
17. Конвективный теплообмен в однородной среде. Основные понятия и определения.
18. Уравнения термогравитационной конвекции.
19. Взаимосвязь законов сохранения и системы уравнений гидродинамики.
20. Граничные условия для вынужденных изотермических течений и течений термогравитационной природы.
21. Понятие - механическое равновесие. Основные закономерности перехода от режима теплопроводности к конвекции в горизонтальном слое жидкости, подогреваемой снизу; влияние относительных размеров слоя и числа Прандтля.
22. Задача Рэлея. Нейтральная кривая. Нормальные колебания.
23. Рэлей - Бенаровская конвекция конечной амплитуды и процессы ЛТП.
24. Основные параметры подобия и их физическая интерпретация. Числа Прандтля и Рэлея.

25. Понятия устойчивости ламинарного потока и процессы ламинарно-турбулентного перехода (ЛТП). Уравнение Орра-Зоммерфельда.
26. Притягивающие множества. Аттракторы.

27. Модель Лоренца, ее физическая интерпретация и основные свойства.
28. Понятие - динамический хаос.
29. Характеристики хаотического режима, свойства апериодических аттракторов.
30. Странные аттракторы.
31. Сечение Пуанкаре. Отличие периодических процессов от хаотических.
32. Фрактальная размерность. Измерения размерности странных аттракторов.
33. Показатель Ляпунова, его физическая интерпретация и процедура определения.
34. Свободная конвекция в вертикальном слое между нагретыми до разных температур вертикальными стенками. Устойчивость течения.
35. Основные сценарии перехода к турбулентным режимам течения.
36. Модели турбулентных режимов течения.
37. Уравнения Рейнольдса. Проблема замыкания.
38. Простейшие модели замыкания.
39. К- модель.
40. Характеристики турбулентных течений. Физическое содержание понятий - спектр и автокорреляция.

Паспорт расчетно-графического задания (работы)

по дисциплине «Математические модели в естествознании», 7 семестр

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны исследовать течения и теплоперенос в неоднородно нагретых прямоугольных областях при различных комбинациях нагрева стенок полости. Характеристики системы для каждого студента выдаются индивидуально.

При выполнении расчетно-графического задания (работы) студенты должны приобрести навыки применения математического моделирования в исследовании физических процессов; приобрести навыки описания задач естествознания на языке математического моделирования; понимать методики построения моделей гидромеханики; пользуясь готовой программой, на качественном уровне изучить эволюцию полей изолиний функции тока, вихря скорости и изотерм с ростом числа Рэлея (или числа Грасгофа при заданном значении числа Прандтля Pr) в зависимости от геометрии, направления градиента температуры, числа Прандтля и граничных условий (все стенки области жесткие или свободные — без трения, или комбинация жестких и свободных границ).

Обязательные структурные части РГЗ(Р).

1. Полная система уравнений для термогравитационной конвекции (ТГК).
2. Система уравнений для ТГК в переменных температура, вихрь, функция тока.
3. Выбор масштабов зависимых переменных и приведение полученной системы уравнений к безразмерному виду.
4. Математическая постановка задачи стационарного теплообмена в прямоугольной полости при равномерном нагреве снизу и охлаждении сверху. Т.е. ввести начальные и граничные условия для конкретного варианта решаемой краевой задачи.
5. Результаты проведенных численных экспериментов с дискретным набором чисел Прандтля, чисел Рэлея, отношений размеров области L/H , постановки условий или прилипания или проскальзывания на жестких стенках; при наличии в постановке задачи верхней свободной границы поставить условие отсутствия трения на свободных границах.
6. Анализ результатов вычислительных экспериментов, выводы.

Оцениваемые позиции: наличие всех структурных частей РГЗ(Р); защита РГЗ(Р) состоит в ответе на вопросы по каждому пункту отчета; выполнение расчетно-графического задания в срок установленный графиком и оформление отчета по работе в соответствии с требованиями.

2. Критерии оценки

1. Работа считается **не выполненной**, если выполнены не все части РГЗ(Р), отсутствует анализ результатов проведенных численных исследований, оценка составляет 0-39 баллов.
2. Работа считается выполненной **на пороговом** уровне, если студент выполнил РГЗ(Р) без серьезных замечаний и недочетов, оценка составляет 40-59 баллов

3. Работа считается выполненной **на базовом** уровне, если студент выполнил РГЗ(Р) без серьезных замечаний и недочетов и грамотно ответил на 50% вопросов на защите, оценка варьируется от 60 до 73 баллов в зависимости от ответов на вопросы преподавателя.

4. Работа считается выполненной **на продвинутом** уровне, если студент выполнил РГЗ(Р) без серьезных замечаний и недочетов и грамотно ответил на все вопросы на защите, оценка составляет 74-80 баллов

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 тем РГЗ(Р)

В рамках расчетно-графического задания (работы) по дисциплине студенты должны исследовать структуру течения и теплоперенос в неоднородно нагретой прямоугольной области при различных комбинациях нагрева стенок полости, которая может быть наклонена на различные углы от горизонтали. Характеристики системы и диапазоны параметров, таких как числа Прандля, Грасгофа (или числа Релея), относительные размеры расчетной области, угол наклона полости относительно горизонтали для каждого студента выдаются индивидуально.

Пример задания. Исследовать структуру течения и теплоперенос в прямоугольной области при нагреваемой нижней и боковой стенках. Исследовать характеристики системы при: числах Прандля больше 10, Грасгофа меньше 10^4 . Область квадратная, боковые стенки вертикальные в одном случае и отклоненные от вертикали на 45° в другом.