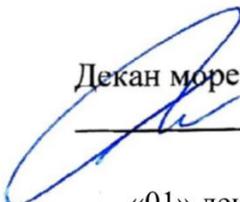


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВИСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Факультет мореходный

Кафедра «Технологические машины и оборудование»

УТВЕРЖДАЮ
Декан мореходного факультета

Труднев С.Ю.

«01» декабря 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое моделирование»

Направление
15.04.02 «Технологические машины и оборудование»
(уровень магистратуры)

Профиль
«Машины и аппараты пищевых производств»

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО направления 15.04.02 «Технологические машины и оборудование».

Составитель рабочей программы

Доцент кафедры ТМО



к.т.н., доц. С.Н. Царенко

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Технологические машины и оборудование» «23» ноября 2021 г. протокол № 3.

Заведующий кафедрой «Технологические машины и оборудование», к.т.н., доцент

«23» ноября 2021 г.



А. В. Костенко

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Математическое моделирование» является формирование у обучающихся навыков использования методов математического моделирования для решения задач исследования и синтеза систем контроля и управления технологическими процессами.

Задачей изучения дисциплины «Математическое моделирование» является формирование у обучающихся знаний, умений и приобретение опыта применения методов математического моделирования (разработка математических моделей, применение численных методов решения различных задач, использование современных математических пакетов для решения задач математического моделирования).

В результате изучения дисциплины «Математическое моделирование» студенты должны **знать**:

- основные понятия, задачи и цели моделирования;
- классификацию моделей и видов моделирования;
- методы построения математического описания объектов;
- численные методы решения различных задач;
- методы аналитического моделирования;
- методы имитационного моделирования.

уметь:

- использовать основные законы естественнонаучных дисциплин для составления математического описания объекта моделирования;
- решать составленные уравнения (системы уравнений) модели с помощью современных математических пакетов.

1.2 Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование профессиональных компетенций:

- способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов (ОПК-5);
- способен разрабатывать и применять современные цифровые программы проектирования технологических машин и оборудования, алгоритмы моделирования их работы и испытания их работоспособности (ОПК-13).

Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлены в таблице.

Таблица – Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Планируемые результаты освоения образовательной программы	Код и наименование индикатора достижения ОПК	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ОПК-5	Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	ИД-1опк-5. Знает аналитические и численные методы при создании математических моделей; ИД-2опк-5. Умеет разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов.	Знать: – основные понятия, задачи и цели моделирования; – классификацию моделей и видов моделирования; – методы построения математического описания объектов.	З (ОПК-5)1 З (ОПК-5)2 З (ОПК-5)3
			Уметь: – использовать основные законы естественнонаучных дисциплин для составления математического описания объекта моделирования.	У (ОПК-5)1
			Владеть: – составления полной структурной схемы вещественно-энергетических потоков технологического процесса протекающего в технологическом объекте управления; – разработки динамических и статических пространственно-распределенных математических моделей технологических процессов.	В (ОПК-5)1 В (ОПК-5)2
ОПК-13	Способен разрабатывать и применять современные цифровые программы проектирования технологических машин и оборудования, алгоритмы моделирования их работы и испытания их работоспособности	ИД-1опк-13. Знание современных цифровых программ проектирования технологических машин и оборудования; ИД-2опк-13. Умеет применять современные цифровые программы проектирования технологических машин и оборудования; ИД-3опк-13. Владеет алгоритмами моделирования работы технологических машин и оборудования с помощью компьютерных программ.	Знать: – программные алгоритмы для реализации численных методов решения различных задач; – программные методы аналитического моделирования; – программные методы имитационного моделирования.	З (ОПК-13)1 З (ОПК-13)2 З (ОПК-13)3
			Уметь: – решать составленные уравнения (системы уравнений) модели с помощью современных математических пакетов.	У (ОПК-13)1
			Владеть: – методами математического анализа и моделирования в теоретических и экспериментальных исследованиях в области разработки АСУ ТП с использованием современных математических пакетов.	В (ОПК-13)1

3 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Математическое моделирование» - относится к обязательной части в структуре образовательной программы.

Основные понятия, задачи и цели моделирования. Классификация моделей и видов моделирования. Методы построения математического описания объектов. Численные методы решения различных задач. Программные комплексы, реализующие методы аналитического

моделирования. Программные комплексы, реализующие методы имитационного моделирования.

В соответствии с учебным планом изучение завершается дифференцированным зачетом на первом курсе.

Дисциплина «Математическое моделирование» опирается на следующие дисциплины, изученные ранее:

- «Математика»;
- «Физика»;
- «Информационные технологии»;
- «Теоретическая механика»;
- «Гидравлика»;
- «Теория механизмов и машин»;
- «Сопротивление материалов»;
- «Основы научных исследований»;
- «Механика жидкости и газа»;
- «Электротехника и электроника».

Дисциплина «Математическое моделирование» важна для более глубокого и всестороннего изучения и понимания последующих дисциплин учебного плана данного направления и выполнения выпускной квалификационной работы.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Тематический план дисциплины

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы контроля
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы		
Раздел 1. Численные методы математического моделирования.	54	8	2	6	-	46	
Тема 1.1. Введение и общие положения. Тема 1.2. Теория приближений функций. Тема 1.3. Численные методы решения алгебраических и трансцендентных уравнений и систем. Тема 1.4. Численное дифференцирование. Тема 1.5. Численное интегрирование.	34	8	2	6	-	46	Практикум, Собеседование, Зачет
Раздел 2. Аналитическое и имитационное моделирование.	50	4	2	2	-	46	
Тема 2.1. Аналитическое моделирование. Тема 2.2. Статистическое и имитационное моделирование.	50	4	2	2	-	46	Практикум, Собеседование, Зачет
Контроль	4						
Всего	108	12	4	8	-	92	

4.2 Распределение учебных часов по разделам дисциплины

Наименование вида учебной нагрузки	Раздел 1	Раздел 2	ИТОГО часов
Лекционные занятия	2	2	4
Практические занятия	6	2	8
Самостоятельная работа	46	46	92
Контроль			4
Итого			108

4.3. Описание содержания дисциплины

Раздел 1. Численные методы математического моделирования.

Тема 1.1. Введение и общие положения.

– Основные понятия моделирования, задачи и цели моделирования. Классификация моделей и видов моделирования. Обзор современных математических пакетов моделирования. Вычислительный эксперимент.

– Адекватность. Источники и классификация погрешностей математического моделирования. Примеры неустойчивых задач и методов.

Тема 1.2. Теория приближений функций.

– Постановка задач приближения функций. Методы восстановления эмпирических зависимостей: аппроксимация, интерполяция, экстраполяция. Задача интерполяции. Интерпо-

ляционный полином Лагранжа. Интерполяционный полином Ньютона. Погрешность полиномиальной интерполяции. Сплайн-интерполяция. Метод наименьших квадратов.

Тема 1.3. Численные методы решения алгебраических и трансцендентных уравнений и систем.

– Методы решения уравнений: Ньютона (касательных), секущих, хорд, половинного деления. Методы решения систем уравнений: Гаусса, простых итераций, Зейделя, прогонки, Ньютона.

Тема 1.4. Численное дифференцирование.

– Постановка задачи. Корректность задачи численного дифференцирования. Конечно-разностные формулы. Метод конечных разностей (МКР). Решение дифференциальных уравнений (ДУ) в частных производных методом МКР.

Тема 1.5. Численное интегрирование.

– Постановка задачи. Корректность задачи численного интегрирования. Классификация методов. Квадратурные формулы Ньютона-Котеса: прямоугольников, трапеции, Симпсона, составные квадратурные формулы на основе интерполяционных полиномов. Вычисление определенного интеграла методом Монте-Карло.

Практическая работа № 1. Интерполяционный и аппроксимационный подходы к обработке экспериментальных данных.

Практическая работа № 2. Решение трансцендентных уравнений методом половинного деления.

Практическая работа № 3. Решение задач механики методами численного дифференцирования.

СРС по разделу 1 – 46 часов

Раздел 2. Аналитическое и имитационное моделирование.

Тема 2.1. Аналитическое моделирование.

– Этапы математического моделирования. Параметры и переменные объектов моделирования. Методы построения математического описания объектов. Типы математических задач, решаемых при моделировании. Задачи с начальными и граничными условиями.

– Типовые модели физических процессов.

Тема 2.2. Статистическое и имитационное моделирование.

– Понятие метода имитационного моделирования объектов и процессов. Примеры задач, решаемых с помощью методов имитационного моделирования. Статистическое и детерминированное моделирование. Моделирование случайных факторов (событий).

Практическая работа № 4. Моделирование технических процессов на базе метода конечных элементов.

СРС по разделу 1 – 46 часов

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся

В целом внеаудиторная самостоятельная работа обучающегося при изучении курса включает в себя следующие виды работ:

- проработка (изучение) материалов лекций;
- чтение и проработка рекомендованной основной и дополнительной литературы;

- подготовка к практическим занятиям;
- поиск и проработка материалов из Интернет-ресурсов, периодической печати;
- подготовка к текущему и итоговому (промежуточная аттестация) контролю знаний по дисциплине.

Основная доля самостоятельной работы обучающихся приходится на подготовку к практическим занятиям, тематика которых полностью охватывает содержание курса. Самостоятельная работа по подготовке к практическим занятиям предполагает умение работать с первичной информацией.

6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по представлен в приложении к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Вопросы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (зачет с оценкой)

1. Дайте определение понятий "модель" и "моделирование".
2. В чем заключается основная цель создания моделей?
3. Сколько основных этапов выделяется в процессе моделирования? Назовите их.
4. Что значит проверить адекватность модели объекту оригиналу?
5. Что такое аналогия? В чем ее практическое применение?
6. Что такое математическая аналогия? Сходственные функции и переменные. Как выполняется умозаключение по аналогии?
7. Что такое подобие? Виды подобия. Условия математического подобия.
8. Назовите основные признаки по которым классифицируют модели. Классификация видов моделирования.
9. Чем отличаются детерминированные и статистические модели? Чем отличается статическая и динамическая модели?
10. Чем отличаются дискретные и непрерывные модели? Назовите отличие математического и физического моделирования.
11. Какими математическими зависимостями описываются модели с сосредоточенными и распределенными параметрами.
12. Назовите основные способы математического описания моделей.
13. Приведите определение алгоритма. Каковы основные формы представления алгоритмов?
14. Запишите уравнение модели идеального перемешивания для концентрации и температуры.
15. Что является основным параметром модели идеального перемешивания?
16. При каких условиях (допущениях) получена модель идеального перемешивания. Приведите схематичное изображение модели идеального перемешивания.
17. Запишите уравнение однопараметрической модели диффузии. Что является основным параметром данной модели?

18. Основные типы параметров физических объектов, отражаемых в моделях?
19. Приведите примеры структурных и геометрических параметров объектов (процессов).
20. Приведите примеры физических параметров объектов.
21. Приведите примеры параметров "элементарных" процессов.
22. Типы математических задач, решаемых при моделировании
23. Задачи с начальными и граничными условиями и их примеры.
24. В чем заключается физический смысл начальных и граничных условий?
25. Дайте определение начальных условий, зачем они задаются при решении математических моделей реальных процессов?
26. Приведите пример задачи с граничными условиями.
27. Метод имитационного моделирования процессов, его отличительные особенности, сущность, области и условия применения.
28. Метод Монте-Карло.
29. Метод статистического моделирования и его сущность. Примеры статистического моделирования.
30. Для решения каких задач применяют метод статистического моделирования?
31. Какие основные этапы включает алгоритм статистического моделирования?
32. Что из себя представляет статистический эксперимент? Какие методы используются для обработки результатов статистического моделирования?
33. Понятие последовательности случайных чисел. Способы их получения.
34. Назовите основные характеристики случайных величин и поясните как они вычисляются?
35. Область применения последовательностей случайных чисел. Какие вы знаете методы генерации случайных чисел, распределенных по равномерному закону?
36. Каким образом можно получить случайные числа распределенные по закону отличному от равномерного?
37. Назовите возможные формы представления функций в ЭВМ. В чем их особенности? Какая форма наиболее удобна для моделирования на ЭВМ?
38. Свойства алгебраических и трансцендентных уравнений. Численные методы их решения.
39. В чем заключается особенность итерационных методов? Условия сходимости решения итерационными методами.
40. Суть метода Ньютона и метода секущих.
41. Суть метода половинного деления.
42. Назовите основные методы решения СЛАУ?
43. Суть метода Гаусса.
44. Запишите общий вид системы нелинейных уравнений? Назовите методы решения таких систем. По какому параметру определяется наиболее эффективный из них?
45. Метод простых итераций.
46. Сформулируйте задачу Коши. Назовите основные группы методов численного решения такой задачи. Приведите примеры методов.
47. Погрешность при решении задачи Коши численными методами и их сравнение. Понятие неустойчивости решения.
48. Назовите источники погрешностей при решении обыкновенных дифференциальных уравнений. В чем суть локальных и глобальных ошибок?
49. Одношаговые методы решения задачи Коши и их свойства.
50. Приведите вывод формулы Эйлера. Поясните геометрический смысл метода Эйлера?
51. В чем заключается отличие модифицированного от простого метода Эйлера. Какой порядок точности имеют эти методы и почему?

52. Метод Рунге-Кутты. Запишите рекуррентное соотношение для метода Рунге-Кутты. Какую точность имеет метод Эйлера и метод Рунге-Кутты?
53. Многошаговые методы решения задачи Коши и их особенности. Назовите особенности методов прогноза и коррекции. В чем их преимущество по сравнению с одношаговыми методами?
54. Дайте определение граничных (краевых) условий. Приведите пример задачи с граничными условиями.
55. Назовите основные методы решения краевых задач. Сущность метода "Стрельба". Сущность конечно-разностного метода.
56. Назовите основные этапы решения краевой задачи методом конечных разностей.
57. Дифференциальные уравнения в частных производных, их классификация и свойства.
58. Назовите методы численного решения дифференциальных уравнений в частных производных.
59. Основные этапы метода конечных разностей (МКР).
60. Типы сеток, используемых для разбиения области решения в методе конечных разностей. Из каких условий выбирается тот или иной тип сетки при решении конкретной задачи?
61. Типы конечных разностей, применяемых для аппроксимации частных производных.
62. Запишите выражения для вычисления частных производных df/dx и df/dy через центральные разности. Поясните на графике смысл этих выражений.
63. Запишите выражения для центральных конечных разностей первого и второго порядков.
64. Какие методы используются для решения систем алгебраических уравнений, получаемых в методе конечных разностей? Поясните ответ.
65. Чем определяется порядок системы алгебраических уравнений, получаемых в методе конечных разностей?
66. Алгоритмы решения СЛАУ в методе конечных разностей.
67. Пример использования МКР для расчета распределения температуры в пластине.
68. Численное дифференцирование функций, его особенности.
69. Напишите и поясните простейшие формулы численного дифференцирования.
70. Поясните суть численного дифференцирования, основанного на интерполяции алгебраическими многочленами.
71. Погрешность численного дифференцирования.
72. Методы численного интегрирования.
73. Квадратурные формулы и их погрешность.
74. Метод прямоугольников и его оценка погрешности.
75. Суть методов трапеций и метода Симпсона.
76. Квадратурные формулы интерполяционного типа.
77. Метод интерполяции с помощью полинома Лагранжа.
78. Аппроксимация числовых данных методом наименьших квадратов.
79. Интерполяция сплайнами.
80. Назовите основные источники погрешностей при решении модели на ЭВМ численными методами?
81. Чем определяется величина погрешности округления?
82. Чем определяется величина погрешности усечения?
83. Как приближенно оценить локальную ошибку вычисления численным методом?

7. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Ашихмин В.Н., Бояршинов М.Г., Наймарк О.Б., Трусов В.П., Фрик П.Г. «Введение в математическое моделирование». Учебное пособие под ред. В.П. Трусова. - М: «Интернет инжиниринг», 2001. - 336 с.
2. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование М.: Наука. Физматлит, 1997.
3. Ортега Дж., Пул У. «Введение в численные методы решения дифференциальных уравнений». - М.: Наука. 1986. - 288с.
4. Калиткин Н.Н. «Численные методы». - М.: Наука, 1978. - 512с.

Дополнительная литература:

1. Лоу Аверилл М., Кельтон В. Дэвид Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. 2004 год, 848с.
2. Шенон Р. Имитационное моделирование систем. – М.: Мир, 1978 – 420с.
3. Турчак Л.И. Основы численных методов. - М.: Наука, 1987.-320с.
4. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1985. – 271с.
5. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Из-во ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 320с.
6. Трусов П.В. Введение в математическое моделирование. Учеб. пособие. – М.: Логос, 2005. – 440 с.
7. Петухов О.А., Морозов А.В., Петухова Е.О. Моделирование: системное, имитационное, аналитическое. Учеб. пособие. – СПб: Изд-во СЗТУ, 2008. – 288с.

Методические указания

1. Математическое моделирование. Программа курса и методические указания к изучению дисциплины для студентов по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» профиль «Машины и аппараты пищевых производств» очной и заочной форм обучения – Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ.

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

1. Общероссийский математический портал. Math-Net.Ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mathnet.ru/>.
2. Образовательный математический сайт EXponenta.ru. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://exponenta.ru>.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Методика преподавания данной дисциплины предполагает чтение лекций, проведение практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций по отдельным специфическим проблемам дисциплины. Предусмотрена самостоятельная работа студентов, а также прохождение аттестационных испытаний промежуточной аттестации (зачет).

Лекции посвящаются рассмотрению наиболее важных и общих вопросов.

Целью проведения практических занятий является закрепление знаний обучающихся, полученных ими в ходе изучения дисциплины на лекциях и самостоятельно.

При изучении дисциплины используются интерактивные методы обучения, такие как:

- проблемная лекция, предполагающая изложение материала через проблемность вопросов, задач или ситуаций. При этом процесс познания происходит в научном поиске, диалоге и сотрудничестве с преподавателем в процессе анализа и сравнения точек зрения.

10. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

По дисциплине не предусмотрено выполнение курсового проекта.

11. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

- электронные образовательные ресурсы, представленные выше;
- использование слайд-презентаций;
- интерактивное общение с обучающимися и консультирование посредством электронной почты.

Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

При освоении дисциплины используется лицензионное программное обеспечение:

- текстовый редактор Microsoft Word;
- пакет Microsoft Office;
- электронные таблицы Microsoft Excel;
- презентационный редактор Microsoft Power Point.

Перечень информационно-справочных систем

- справочно-правовая система Консультант-плюс <http://www.consultant.ru/online>
- справочно-правовая система Гарант <http://www.garant.ru/online>

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

– для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется аудитория 7-107: Набор мебели ученической на 30 посадочных мест; цифровой проектор; презентации по темам занятий; стенды со справочно-информационными материалами;

– для самостоятельной работы обучающихся – кабинетом для самостоятельной работы №7-103, оборудованный 1 рабочей станцией с доступом к сети «Интернет» и в электронную информационно-образовательную среду организации, и комплектом учебной мебели на 6 посадочных места и аудиторией для самостоятельной работы обучающихся 3-302, оборудованный 4 рабочими станциями с доступом к сети «Интернет» и в электронную информационно-образовательную среду организации, и комплектом учебной мебели на 6 посадочных мест;

- доска аудиторная;
- презентации в PowerPoint по темам курса.

Дополнения и изменения в рабочей программе на _____ учебный год

В рабочую программу по дисциплине «Основы подготовки диссертации» для направления 15.04.02 «Технологические машины и оборудование» вносятся следующие дополнения и изменения:

Дополнения и изменения внес _____

(должность, Ф.И.О., подпись)

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры ТМО _____

«__» _____ 201 г.

Заведующий кафедрой _____