

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Амурский государственный университет»
Кафедра математического анализа и моделирования

Учебно-методический комплекс дисциплины

Математические методы обработки данных

Основной образовательной программы по направлению подготовки 010900.68 –
«Прикладные математика и физика»

Благовещенск 2012 г.

УМКД разработан канд. физ.-мат. наук, доцентом Масловской Анной Геннадьевной

Рассмотрен и рекомендован на заседании кафедры

Протокол заседания кафедры от «___» _____ 2012 г. №___

Зав. кафедрой _____ В.В.Сельвинский

Утвержден

Протокол заседания УМС по направлению подготовки 010900.68 «Прикладные математика и физика»

от «___» _____ 201_ г. №___

Председатель _____ Е.А. Ванина

СОДЕРЖАНИЕ

1	Рабочая программа учебной дисциплины	4
1.1	Цели и задачи освоения дисциплины	4
1.2	Место дисциплины в структуре ООП ВПО	4
1.3	Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	4
1.4	Структура и содержание дисциплины «Математические методы обработки данных»	5
1.5	Содержание разделов и тем дисциплины	7
1.6	Самостоятельная работа	9
1.7	Матрица компетенций учебной дисциплины	10
1.8	Образовательные технологии	10
1.9	Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	11
1.10	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Математические методы обработки данных»	11
1.11	Материально-техническое обеспечение дисциплины	13
1.12	Рейтинговая оценка знаний студентов по дисциплине	13
2	Краткое изложение программного материала	14
3	Методические указания	17
3.1	Методические указания по изучению дисциплины	17
3.2	Методические указания к практическим и лабораторным занятиям	19
3.3	Методические по самостоятельной работе студентов	20
4	Контроль знаний	21
4.1	Текущий контроль знаний	21
4.2	Итоговый контроль	21
5	Интерактивные технологии и инновационные методы, используемые в образовательном процессе	23

1 Рабочая программа учебной дисциплины

1.1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Математические методы обработки данных» занимает важное место в системе прикладного математического образования.

Цель преподавания дисциплины заключается в комплексном освоении математических методов обработки данных вычислительного и натурального экспериментов с применением реализуемых на ЭВМ алгоритмов.

Задачами освоения дисциплины являются: изучение фундаментальных основ теории обработки данных физического и вычислительного экспериментов в различных областях применения, современных методов компьютерной диагностики данных, а также освоение

методов анализа результатов реализации математических моделей, проектируемых с помощью вычислительной техники.

1.2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина «Математические методы обработки данных» включена в вариативную часть, «обязательные дисциплины» профессионального цикла дисциплин (М2.В.ОД.1).

1.3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Общекультурные компетенции (ОК):

компетенция системного аналитического мышления: способность использовать на практике углубленные фундаментальные знания, полученных в области естественных и гуманитарных наук, и обладать научным мировоззрением (ОК-1),

компетенция креативности: способность ставить, формализовать и решать задачи, уметь системно анализировать научные проблемы, генерировать новые идеи и создавать новое знание (ОК-2),

компетенция самообразования и профессиональной мобильности: способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности знания и умения, в том числе в новых областях (ОК-3),

Профессиональные компетенции (ПК):

компетенция профессиональной аналитической деятельности: способность применять в своей профессиональной деятельности углубленные знания, полученные в соответствии с профильной направленностью (ПК-1),

компетенция профессиональной научной деятельности: способность ставить задачи теоретических и (или) экспериментальных научных исследований и решать их с помощью соответствующего физико-математического аппарата, современной аппаратуры и информационных технологий (ПК-2),

компетенция профессионального развития: способность самостоятельно осваивать новые дисциплины и методы исследования (ПК-3),

компетенция профессионального владения информационно-коммуникационными технологиями: способность применять современные методы анализа, представления и передачи информации, использовать ППП по профилю подготовки (ПК-4),

компетенция определения перспектив научного поиска: способность определять вместе с коллективом исполнителей направления собственной научной, технической или инновационной деятельности, выбирать подходы к решению конкретных исследовательских и (или) инновационных задач (ПК-7),

компетенция планирования и организации профессиональной деятельности: способность применять методы планирования и проведения исследований и экспериментов при выполнении проектов и заданий в избранной предметной области (ПК-8),

компетенция математического и физического моделирования явлений и процессов: способность самостоятельно и (или) в составе исследовательской группы разрабатывать, исследовать и применять математические и физические модели для качественного и количественного описания явлений и процессов и (или) разработки новых технических средств (ПК-9).

По завершению курса обучаемые должны приобрести устойчивые навыки и умения, позволяющие освоить основные методы параметрического и непараметрического оценивания; изучить основные современные математические методы учета априорной экспертной информации; использовать современные методы выделения детерминированных компонент из хаотических рядов и методов их прогнозирования.

1.4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Математические методы обработки данных»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 час.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, (по неделям включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекция (4 час.).	
1	Введение в предмет «Математические методы анализа и обработки данных физического и вычислительного экспериментов».	9	1-2	Расчетно-графическая работа «Методы оценки ошибок вычислений». Подготовка (самостоятельная) к сдаче РГР (4 час.). Написание отчета по работе (2 час.).	Устная защита РГР. Устный опрос.
	«Методы оценки ошибок вычислений».			Практическое занятие «Методы оценки ошибок вычислений» (4 час.).	
	Математическая обработка результатов опыта: таблицы и разности.	9	3	Лекция (2 час.).	
2	Применение методов аппроксимации для			Подготовка (самостоятельная) к сдаче РГР (4 час.). Написание отчета по работе (2 час.).	
				Практическое занятие	

	обработки данных: методы интерполирования функций, заданных таблично.			«Приближение функций. Методы аппроксимации» (2 час.).
				Лекция (2 час.).
3	Графическая обработка данных. Применение методов аппроксимации для 9 обработки данных: метод наименьших квадратов.	4		Расчетно-графическая работа «Приближение функций. Методы аппроксимации». Устная защита Подготовка РГР. (самостоятельная) к сдаче РГР (4 час.). Написание Устный опрос. отчета по работе (2 час.). Практическое занятие «Приближение функций. Методы аппроксимации» (2 час.). Лекция (2 час.).
4	Интегрирование и дифференцирование 9 функций, заданных таблично.	5		Расчетно-графическая работа «Обработка данных методом наименьших квадратов». Устная защита Подготовка РГР. (самостоятельная) к сдаче РГР (4 час.). Написание Устный опрос. отчета по работе (2 час.).
				Практическое занятие «Обработка данных методом наименьших квадратов» (2 час.). Лекция (2 час.).
5	Основы теории подобия и 9 размерностей. Автомодельность.	6		Расчетно-графическая работа «Интегрирование и дифференцирование функций, заданных таблично». Устная защита Подготовка РГР. (самостоятельная) к сдаче РГР (4 час.). Написание Устный опрос. отчета по работе (2 час.).
				Практическое занятие «Интегрирование и дифференцирование функций, заданных

			таблично» (2 час.). Лекции (14 час.).
			Расчетно-графическая работа «Статистическая обработка массива данных».
			Расчетно-графическая работа «Сравнение двух выборок».
			Расчетно-графическая работа «Дисперсионный анализ».
6	Методы статистической обработки и анализа 9 результатов измерений.	7-13	Устная защита РГР. Подготовка к сдаче РГР (14 час.). Написание отчетов по работам (14 час.). Устный опрос.
			Практические занятия: «Статистическая обработка массива данных» (6 час.), «Сравнение двух выборок» (4 час.), «Дисперсионный анализ» (4 час.). Лекции (6 час.).
7	Введение в теорию планирования и 9 численного физического экспериментов	14-16	Расчетно-графическая работа «Планирование эксперимента». Подготовка к сдаче РГР (4 час.). Устная защита РГР. Написание отчета по работе (4 час.). Устный опрос.
			Практические занятия «Планирование эксперимента» (6 час.). Лекция (4 час.).
8	Фурье-преобразование непрерывных и дискретных функций. 9 Вейвлет-анализ временных колебаний	17-18	Расчетно-графическая работа «Применение Фурье и вейвлет- преобразований для обработки временных Устная защита РГР. Устный опрос.

сигналов».

Подготовка к сдаче РГР (4 час.).

Написание отчета по работе (2 час.).

Практические занятия «Применение Фурье и вейвлет-преобразований для обработки временных сигналов» (4 час.).

Подготовка к экзамену (36 час.) Экзамен

Итого

Лекций 36

Практических занятий 36

1.5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1 (лекции №1-2). Введение в предмет «Математические методы анализа и обработки данных физического и вычислительного экспериментов». «Методы оценки ошибок вычислений».

Введение в анализ данных. Основные понятия и классификация задач анализа данных. Методы и подходы к обработке неопределенных данных.

Этапы решения прикладной задачи и классификация ошибок. Абсолютная и относительная погрешности. Оценка погрешностей значения функции. Способы приближенных вычислений по заданной формуле. Приближенные вычисления по формулам с использованием инструментальных пакетов. Вероятностные и эмпирические методы оценки ошибок.

Практические занятия (№1-2): «Методы оценки ошибок вычислений»

Тема 2 (лекция №3). Математическая обработка результатов опыта: таблицы и разности. Применение методов аппроксимации для обработки данных: методы интерполирования функций, заданных таблично.

Табулированные функции. Задачи интерполяции и экстраполяции. Методы аппроксимации функций.

Практические занятия (№3): ««Приближение функций. Методы аппроксимации».

Тема 3 (лекция №4). Графическая обработка данных. Применение методов аппроксимации для обработки данных: метод наименьших квадратов.

Постановка задачи. Графический способ подбора формул. Подбор формул по данным опыта по методу наименьших квадратов. Нахождение приближающих функций в виде линейных функций и квадратного трехчлена. Нахождение приближающих функций в виде

других элементарных функций. Оценка среднеквадратичного отклонения. Приближение функций с помощью инструментальных средств.

Практические занятия (№4): «Приближение функций. Методы аппроксимации».

Тема 4 (лекция №5). Интегрирование и дифференцирование функций, заданных таблично.

Особые случаи для кусочно-заданных функций. Формулы численной аппроксимации производных. Проблемы численного дифференцирования и интегрирования.

Практические занятия (№5): «Обработка данных методом наименьших квадратов».

Тема 5 (лекция №6). Основы теории подобия и размерностей. Автомодельность.

Анализ подобия и размерности. -теорема. Примеры применения анализа размерностей. Автомодельность, показатель автомодельности. Примеры физических приложений с использованием безразмерных переменных. Измерения в физических системах. Физические парадоксы при моделировании.

Практические занятия (№6): «Интегрирование и дифференцирование функций, заданных таблично».

Тема 6 (лекции № 7-13). Методы статистической обработки и анализа результатов измерений.

Особенности фиксации и статистической обработки результатов моделирования систем на ЭВМ; анализ и интерпретация результатов машинного моделирования; обработка результатов машинного эксперимента.

Основы выборочного метода. Генеральная совокупность и выборка. Теорема Гливенко-Кантелли. Оценки и требования к ним. Оценка математического ожидания и дисперсии. Другие выборочные параметры. Методика текущих измерений.

Доверительные оценки параметров распределения. Квантили. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Абсолютная и практическая достоверность. Проверка статистических гипотез.

Оценки генеральных параметров распределения. Оценка генерального математического ожидания. Оценка генеральной дисперсии.

Анализ закона распределения. Простейший критерий проверки основной гипотезы. Подбор теоретического распределения и его параметров. Вид теоретического распределения. Параметры теоретического распределения. Критерии согласия. Критерий согласия Колмогорова.

Сравнение выборок. Сравнение двух дисперсий. Сравнение двух средних.

Корреляционный анализ. Понятие о корреляции. Корреляция. Коэффициент корреляции. Свойства коэффициента корреляции. Оценка коэффициента корреляции по данным наблюдений.

Практические занятия (№7-9): «Статистическая обработка массива данных» (6 час.),

Практические занятия (№10-11): «Сравнение двух выборок» (4 час.),

Практические занятия (№12-13): «Дисперсионный анализ» (4 час.).

Тема 7 (лекции №14-16). Планирование численного и физического экспериментов

Основные положения теории планирования эксперимента. Общие принципы планирования эксперимента. Варианты постановок задач теории планирования эксперимента. Параметр оптимизации. Обобщенный параметр оптимизации. Фактор. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Проведение эксперимента. Обработка результатов эксперимента.

Практические занятия (№14-16): «Планирование эксперимента».

Тема 8 (лекции №17-18). Фурье-преобразование непрерывных и дискретных функций. Вейвлет-анализ временных колебаний

Фурье-преобразование временных сигналов. Вейвлет-преобразование временных сигналов. Применение Фурье и вейвлет- преобразований для обработки временных сигналов.

Практические занятия (№17-18): «Применение Фурье и вейвлет- преобразований для обработки временных сигналов».

1.6. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа – 108 часов (3 з.е.), в т.ч. 36 часов на экзамен. По данному курсу в рамках самостоятельной работы студента предполагается подготовка к устной защите РГР, текущая подготовка по темам лекционных занятий, подготовка к теоретическим опросам и итоговому контролю в конце семестра.

№	№ раздела	Форма (вид)	Трудоёмкость в часах
п/п	(темы) дисциплины	самостоятельной работы	
1	1	Подготовка (самостоятельная) к сдаче РГР «Методы оценки ошибок вычислений». Написание отчета по 6 работе.	
2	2-3	Подготовка (самостоятельная) к сдаче РГР «Приближение функций. Методы аппроксимации». 12 Написание отчета по работе.	
3	4	Подготовка (самостоятельная) к сдаче РГР «Обработка данных методом наименьших квадратов». Написание 6 отчета по работе.	
4	5	Подготовка (самостоятельная) к сдаче РГР «Интегрирование и дифференцирование функций, 6 заданных таблично». Написание отчета по работе.	
5	6	Подготовка к сдаче РГР «Статистическая обработка массива данных», «Сравнение двух выборок», «Дисперсионный анализ», «Корреляционный анализ».	28

		Написание отчетов по работам.	
6	6	Подготовка к сдаче РГР «Планирование эксперимента». Написание отчета по работе.	8
7	7	Подготовка к сдаче РГР «Применение Фурье и вейвлет- преобразований для обработки временных сигналов». Написание отчета по работе.	6
		Подготовка к экзамену	36
Итого			108

1.7. Матрица компетенций учебной дисциплины

					Итого
Компетенции					Σ
Разделы	общее количество компетенций				
	(ОК-1), (ПК-1),		(ПК-8),		
	(ОК-2), (ПК-2), (ПК-4), (ПК-7),		(ПК-9)		
	(ОК-3) (ПК-3),				
1	+	+	+		7
2	+	+		+	8
3	+	+	+		8
4	+	+	+	+	10
5	+	+	+	+	10
6	+	+	+	+	10
7	+	+	+	+	10
8	+	+	+	+	10

1.8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При преподавании дисциплины «Математические методы обработки данных» используются как традиционные (лекция, проблемная лекция, лекция-семинар), так и инновационные технологии (применение мультимедийного проектора, семинар-дискуссия, «мозговой штурм», «метод проектов», возможно использование ресурсов сети Internet и электронных учебников).

Лекционные занятия проводятся с использованием традиционной, активной и интерактивной форм обучения. Практические занятия проводятся с использованием активных и интерактивных форм обучения.

Распределение образовательных технологий соответствует проведению занятий в интерактивной форме в объеме не менее 30% от аудиторных занятий – 22 часов.

Интерактивные формы обучения используются на лекционных и практических занятиях, темы которых приведены в таблице:

Наименование тем:	Лек.	Практ.	Σ
1. Введение в предмет «Математические методы анализа и обработки данных физического и вычислительного экспериментов». Методы оценки ошибок вычислений (проблемная лекция)	2	-	2
2. Математическая обработка результатов опыта: таблицы и разности.			
Применение методов аппроксимации для обработки данных: методы интерполирования функций, заданных таблично (проблемная лекция, мозговой штурм).	2	-	2
3. Графическая обработка данных. Применение методов аппроксимации для обработки данных: метод наименьших квадратов. (проблемная лекция, метод группового решения задач, мозговой штурм).	2		4
5. Основы теории подобия и размерностей. Автомодельность. (проблемная лекция, метод группового решения задач, мозговой штурм, использование ресурсов сети Internet и электронных учебников).	2		4
6. Методы статистической обработки и анализа результатов измерений. (проблемная лекция, метод группового решения задач, мозговой штурм, использование ресурсов сети Internet и электронных учебников).	2		4
7. Введение в теорию планирования численного и физического экспериментов (проблемная лекция, метод группового решения задач, мозговой штурм, использование ресурсов сети Internet и электронных учебников).	2		4
8. Фурье-преобразование непрерывных и дискретных функций. Вейвлет-анализ временных колебаний (проблемная лекция, метод группового решения задач, мозговой штурм, использование ресурсов сети Internet и электронных учебников).	2		4
Всего	14	10	24

1.9. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и для промежуточной аттестации: балльно-рейтинговая система оценки знаний учащихся.

Текущий контроль за аудиторной и самостоятельной работой обучающихся осуществляется во время проведения занятий посредством устного опроса по контрольным вопросам соответствующего раздела, а также проверки отчетов по практическим работам. Каждый вид работ, включая посещение лекционных занятий, оценивается определенным количеством баллов (п.12).

Итоговый контроль осуществляется после успешного прохождения студентами текущего и промежуточного контроля в виде экзамена. Для итоговой аттестации студента по дисциплине также используется балльно-рейтинговая система оценки знаний.

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов: основная и дополнительная литература, официальные ресурсы сети Internet, установленное в вузе программное обеспечение.

1.10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «Математические методы обработки данных»

а) основная литература:

1.10.1 Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман, - М.: Высшее образование, 2009. – 480 с.

1.10.2 Фаддеев, М. А. Элементарная обработка результатов эксперимента: учеб. пособие / М. А. Фаддеев, -Спб: Лань, 2008. – 118 с.

б) дополнительная литература:

1.10.3 Гмурман В.Е. Руководство к решению задач по теории вероятностей и математической статистике: учеб. пособие / В. Е. Гмурман, -М.: Высшая школа, 2006, 2009. - 333 с.

1.10.4 Макаров А.А. Использование программ обработки данных в преподавании курсов теории вероятностей, математической и прикладной статистики и информатики / Метод. рек. Вып. 1 : методические указания / А.А. Макаров, А.П. Кулаичев, И.С. Синева, -М: Изд-во Московского гос. ун-та, 2002. - 39 с.

1.10.5 Севостьянов П.А. Математические методы обработки данных: учеб. пособие: доп. УМО / П. А. Севостьянов, - М.: Из-во Моск. текст. ун-та им. Косыгина, 2004. - 257 с.

1.10.6 Тюрин Ю.Н. Статистический анализ данных на компьютере / Ю. Н. Тюрин, А. А. Макаров ; под ред. В. Э. Фигурнова, -М.: ИНФРАМ, 1998. - 528с.

1.10.7 Толстова Ю.Н. Основы многомерного шкалирования : учеб. пособие: рек. УМО/ Ю. Н. Толстова. -М.: Книжный дом Университет, 2006. -158 с.

1.10.8 Масловская, Анна Геннадьевна. Математические методы обработки данных: учеб.-метод. комплекс дисц. по напр. 010900.68 – Прикладные математика и физика / А. Г. Масловская , 2012. – 19 с.

в) Периодические издания

10.1 Журнал «Математическое моделирование»

10.2 Журнал «Вычислительные технологии»

10.3 Журнал «Информатика и системы управления»

10.4 Журнал «Автоматика и вычислительная техника»

10.5 Журнал «Программирование»

10.6 Журнал «Автоматика и телемеханика»

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Краткая характеристика
---	--------------	------------------------

ресурса

- 1 <http://www.iqlib.ru> Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания
Имеются ресурсы: [Internet-класс по Высшей Математике](#); работа с примерами, решенными в средах ППП;
- 2 <http://exponenta.ru/> [банк решенных студенческих задач](#); обсуждение на [форуме](#).
Общероссийский математический портал Math-Net.Ru – это современная информационная система, предоставляющая российским и зарубежным математикам различные возможности в поиске информации о математической жизни в России.
- 3 <http://www.mathnet.ru/> Библиотека ряда рецензируемых периодических изданий по математическому и естественно-научному направлениям, гибкий интерфейс, удобная поисковая система, дополнительные ресурсы.
Открыт свободный доступ к полным текстам статей журналов [Академиздатцентра "Наука" РАН](#). Доступ предоставляется по прошествии трех лет с момента выхода соответствующего номера журнала.
- 4 <http://elibrary.ru/> Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU— это крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 14 млн научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 2200 российских научно-технических журналов, в том числе более 1100 журналов в открытом доступе.

1.11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекции проводятся в стандартной аудитории (ауд.338а, 519), оснащенной в соответствии с требованиями преподавания теоретических дисциплин, включая мультимедиа-проектор.

Практические занятия проводятся в компьютерном классе, рассчитанном на 10 посадочных рабочих мест пользователей (ауд. 327, 329), в котором установлен пакет прикладных программ Matlab.

1.12. Рейтинговая оценка знаний студентов по дисциплине

Рейтинговая оценка знаний студентов проводится в соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов АмГУ и положением кафедры МАиМ по дисциплине.

Текущий контроль включает в себя проверку практических работ, экзамен.

Балльная структура оценки за семестр А

№ Вид работы

Норма

Максимальное кол-

		во баллов
1	Посещение лекционных занятий	1 балл/2 часа ауд.зан. 18 баллов
2	РГР «Методы оценки ошибок вычислений»	0-5 баллов 5 баллов
3	РГР «Приближение функций. Методы аппроксимации»	0-5 баллов 5 баллов
4	РГР «Обработка данных методом наименьших квадратов»	0-5 баллов 5 баллов
5	РГР «Интегрирование и дифференцирование функций, заданных таблично»	0-5 баллов 5 баллов
6	РГР «Статистическая обработка массива данных»	0-5 баллов 5 баллов
7	РГР «Сравнение двух выборок»	0-5 баллов 5 баллов
8	РГР «Дисперсионный анализ»	0-5 баллов 5 баллов
9	РГР «Планирование эксперимента»	0-10 баллов 10 баллов
10	РГР «Применение Фурье и вейвлет-преобразований для обработки временных сигналов»	0-7 баллов 7 баллов
11	Экзамен	0 – 30 баллов 30 баллов
12	Всего за семестр	0-100 баллов 100 баллов

2 Краткое изложение программного материала

Семестр обучения: А

Лекции 1-2

Название темы: Введение в предмет «Математические методы анализа и обработки данных физического и вычислительного экспериментов». Методы оценки ошибок вычислений (тема №1).

План лекции.

1. Введение в анализ данных. Основные понятия и классификация задач анализа данных.
2. Методы и подходы к обработке неопределенных данных.
3. Этапы решения прикладной задачи и классификация ошибок.
4. Абсолютная и относительная погрешности.
5. Оценка погрешностей значения функции. Способы приближенных вычислений по заданной формуле.
6. Приближенные вычисления по формулам с использованием инструментальных пакетов.
7. Вероятностные и эмпирические методы оценки ошибок.

Цели, задачи: Ввести студентов в дисциплину «Математические методы обработки данных», обозначить структуру курса, содержание практикума по основным разделам

дисциплины, озвучить междисциплинарные связи, правила организации аудиторной и самостоятельной работы студентов, дать методические рекомендации по изучению дисциплины, указать список основной и дополнительной литературы, рекомендуемой студентам, ознакомить студентов с формами текущего и итогового контроля по дисциплине. Дать обучающимся целостные и взаимосвязанные знания по теме «Методы оценки ошибок вычислений», обеспечить творческую работу студентов совместно с преподавателем.

Ключевые вопросы:

Часть1.

Что является предметом изучения теории анализа данных? 2) Какие разделы прикладной математики связаны с вновь изучаемым курсом? 3) Приведите примеры практических задач, требующих анализ данных. 4) Назовите известную Вам классификацию задач анализа данных.

Часть2.

1) Какая погрешность считается неустранимой и почему? 2) Как определить верные знаки числа по его абсолютной и относительной погрешностям? 3) В чем заключается особенность определения погрешности результата сложения или вычитания приближенных чисел? 4) Какова особенность определения погрешности результата операций деления или умножения приближенных чисел? 5) Как определяется относительная погрешность вычисления значения функции?

Ссылки на литературные источники:

1.10.1, 1.10.3, 1.10.6, 1.10.8

Лекция 3

Название темы: Математическая обработка результатов опыта: таблицы и разности. Применение методов аппроксимации для обработки данных: методы интерполирования функций, заданных таблично. (тема №2).

План лекции.

Табулированные функции.

Методы аппроксимации функций.

Задачи интерполяции и экстраполяции.

Цели, задачи: глубокое разъяснение и системное изложение учебного материала по теме «Математическая обработка результатов опыта: таблицы и разности. Интегрирование и дифференцирование функций, заданных таблично».

Ключевые вопросы: 1) В каких практических случаях может потребоваться аппроксимация функций? 2) При решении каких задач используются интерполяционные формулы Ньютона, Гаусса, Бесселя, Стирлинга? 3) В каких случаях применяется сплайн-интерполяция? Какой недостаток «кусочного» интерполирования с помощью

многочленов Лагранжа или Ньютона устраняется при интерполяции сплайнами? 4) Какие проблемные ситуации могут возникнуть при численном дифференцировании?

Ссылки на литературные источники:

1.10.1, 1.10.2, 1.10.8

Лекция 4

Название темы: Графическая обработка данных. Применение методов аппроксимации для обработки данных: метод наименьших квадратов (тема №3).

План лекции.

Постановка задачи.

Графический способ подбора формул.

Подбор формул по данным опыта по методу наименьших квадратов.

Нахождение приближающих функций в виде линейных функций и квадратного трехчлена.
Нахождение приближающих функций в виде других элементарных функций.

Оценка среднеквадратичного отклонения.

Приближение функций с помощью инструментальных средств Matlab.

Цели, задачи: системное изложение теоретических и практических аспектов темы «Графическая обработка данных. Применение методов аппроксимации для обработки данных: метод наименьших квадратов».

Ключевые вопросы: 1) В чем суть приближения таблично заданной функции по методу наименьших квадратов? 2) Чем этот метод отличается от метода интерполяции? 3) Как можно добиться повышения качества приближения? 4) Какая ошибка является среднеквадратической?

Ссылки на литературные источники:

1.10.1, 1.10.2, 1.10.3, 1.10.5, 1.10.8

Лекция 5

Название темы: Интегрирование и дифференцирование функций, заданных таблично (тема №4).

План лекции.

Особые случаи для кусочно-заданных функций.

Формулы численной аппроксимации производных.

Проблемы численного дифференцирования и интегрирования.

Цели, задачи: глубокое разъяснение и системное изложение учебного материала по теме «Интегрирование и дифференцирование функций, заданных таблично».

Ключевые вопросы: 1) В каких практических случаях может потребоваться численное дифференцирование табулированной функции? 2) Какие проблемные ситуации могут возникнуть при численном дифференцировании? 3) В чем заключается особенность численного интегрирования?

Ссылки на литературные источники:

1.10.1, 1.10.2, 1.10.3, 1.10.5, 1.10.8

Лекция 6

Название темы: «Основы теории подобия и размерностей. Автомоделность» (тема №5).

План лекции.

Анализ подобия и размерности.

-теорема.

Примеры применения анализа размерностей.

Автомоделность, показатель автомоделности.

Примеры физических приложений с использованием безразмерных переменных.

Измерения в физических системах. Физические парадоксы при моделировании.

Цели, задачи: формирование ориентировочной основы для последующего усвоения и практического применения теории подобия и размерностей.

Ключевые вопросы: 1) Какие возможности предоставляет -теорема? 2) В чем принципиальная разница между нормированными величинами и безразмерными комплексами? 3) Приведите пример прикладной задачи, для решения которой можно использовать безразмерные переменные. 4) Какие переменные называют автомоделными?

Ссылки на литературные источники:

1.10.1, 1.10.2, 1.10.3, 1.10.7, 1.10.8

Лекции 7-13

Название темы: «Методы статистической обработки и анализа результатов измерений» (тема №6)

План лекции.

Основы выборочного метода. Генеральная совокупность и выборка. Теорема Гливенко-Кантелли.

Оценки и требования к ним. Оценка математического ожидания и дисперсии. Другие выборочные параметры.

Методика текущих измерений.

Доверительные оценки параметров распределения.

Квантили. Доверительный интервал и доверительная вероятность.

Абсолютная и практическая достоверность. Проверка статистических гипотез.

Оценки генеральных параметров распределения. Оценка генерального математического ожидания. Оценка генеральной дисперсии.

Анализ закона распределения. Простейший критерий проверки основной гипотезы. Подбор теоретического распределения и его параметров. Вид теоретического распределения. Параметры теоретического распределения. Критерии согласия. Критерий согласия Колмогорова.

Сравнение выборок. Сравнение двух дисперсий. Сравнение двух средних.

Дисперсионный анализ. 1-факторный дисперсионный анализ. 2-факторный дисперсионный анализ.

Метод наименьших квадратов

Корреляционный анализ. Понятие о корреляции. Корреляция. Коэффициент корреляции. Свойства коэффициента корреляции. Оценка коэффициента корреляции по данным наблюдений.

Цели, задачи: Формирование устойчивых знаний по теме «Методы статистической обработки и анализа результатов измерений», мотивация студентов к самостоятельной работе по практическим вопросам применения данной темы.

Ключевые вопросы: 1) В чем заключается основной подход в выборочном методе? 2) Дайте геометрическую интерпретацию теореме Гливенко-Кантелли. 3) Какие выборочные параметры используются в прикладной статистике? 4) Как на практике применяется методика текущих измерений? 5) Какие известные законы распределений используются для оценки генеральных параметров? 6) Дайте понятие «квантиль». Что такое «уровень достоверности»? 7) Назовите и кратко опишите основные этапы подбора теоретического распределения? 8) Каким образом можно сравнить две выборки данных? 9) В чем суть дисперсионного анализа? 10) Какие возможности предоставляет корреляционный анализ?

Ссылки на литературные источники:

1.10.1-1.10.8

Лекции 14-16

Название темы: «Планирование численного и физического экспериментов» (тема №7)

План лекции.

Основные положения теории планирования эксперимента. Общие принципы планирования эксперимента.

Варианты постановок задач теории планирования эксперимента.

Параметр оптимизации. Обобщенный параметр оптимизации. Фактор.

Полный факторный эксперимент.

Дробный факторный эксперимент.

Проведение эксперимента.

Обработка результатов эксперимента.

Цели, задачи: формирование фундаментальных и прикладных знаний по использованию теории планирования эксперимента.

Ключевые вопросы: 1) Какие этапы включает планирование эксперимента? В чем идейная связь теории планирования эксперимента с теорией оптимизации? 2) Дайте понятие фактора, параметра оптимизации. 3) Приведите примеры практических задач, использующих теорию планирования эксперимента. 4) В чем суть полного факторного эксперимента? 5) Раскройте основы дробного факторного эксперимента.

Ссылки на литературные источники:

1.10.1, 1.10.2, 1.10.5, 1.10.6, 1.10.8

Лекции 17-18

Название темы: Фурье-преобразование непрерывных и дискретных функций. Вейвлет-анализ временных колебаний (тема №7).

План лекции.

Преобразование Фурье.

Вейвлет-преобразование.

Приложения.

Цели, задачи: системное изложение теоретических и практических аспектов темы «Фурье-преобразование непрерывных и дискретных функций. Вейвлет-анализ временных колебаний».

Ключевые вопросы: Разложение периодических функций в ряд Фурье. Эффект Гиббса. Спектральный анализ дискретных функций конечной длительности. Быстрое преобразование Фурье. Вейлет-преобразование.

Ссылки на литературные источники:

1.10.1, 1.10.2, 1.10.3, 1.10.6, 1.10.8

3. Методические указания

3.1 Методические указания по изучению дисциплины

Для оптимальной организации изучения дисциплины студентам рекомендуется следовать следующим методическим указаниям.

Студенты очной формы обучения обязаны присутствовать на занятиях и выполнять все предусмотренные учебно-методическим комплексом дисциплины формы учебной работы; проходить промежуточный и итоговый контроль в виде защит практических работ, аттестации в форме контроля знаний; сдачи экзамена в предлагаемой преподавателем форме.

Дисциплина «Математические методы обработки данных» является дисциплиной специализации и изучается студентами в семестре А обучения. Семестр изучения дисциплины включает 36 часов лекционных занятий, 36 часов практических занятий, 72 часа отводится на самостоятельную работу студентов. Семестр заканчивается экзаменом, на подготовку к которому отводится 36 час..

Теоретическая часть курса включает следующие темы (рядом указан объем каждой лекции в часах).

Тема 1. Введение в предмет «Математические метода анализа и обработки данных физического и вычислительного экспериментов». Методы оценки ошибок вычислений – 4

Тема 2. Математическая обработка результатов опыта: таблицы и разности. Применение методов аппроксимации для обработки данных: методы интерполирования функций, заданных таблично – 2

Тема 3. Графическая обработка данных. Применение методов аппроксимации для обработки данных: метод наименьших квадратов – 2

Тема 4. Интегрирование и дифференцирование функций, заданных таблично – 2

Тема 5. Основы теории подобия и размерностей. Авто модельность – 2

Тема 6. Методы статистической обработки и анализа результатов измерений – 14

Тема 7. Планирование численного и физического экспериментов – 6

Тема 8. Фурье-преобразование непрерывных и дискретных функций. Вейвлет-анализ временных колебаний – 4

Каждая лекция содержит необходимый объем теоретического материала по каждой из изучаемых тем. В курс включены темы, отражающие современное состояние теории обработки данных физического и вычислительного экспериментов. Рассматриваются основные понятия и методы численной математики, прикладной статистики, теории планирования эксперимента, методов анализа временных рядов, применяемых для обработки данных. Приводятся описания и примеры применения программной среды MATLAB, ставшей международным стандартом учебного программного обеспечения в области прикладной математики. В дополнение к лекционному материалу, студентам

рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу согласно перечню, приведенному в п.1.8.

Студенты в рамках аудиторных занятий должны, в целом, владеть понятийным аппаратом, основанном на ранее изученных дисциплинах, воспринимать теоретический материал базового содержания лекции, видеть причинно-логические связи в лекции, понимать схему решения примеров, приводимых в лекции. Для освоения темы каждой лекции на более глубоком уровне требуется дополнительная работа с теоретическим материалом в форме прочтения и изучения основной и дополнительной литературы, самостоятельной работы с лекцией.

Практические работы направлены на закрепление теоретического материала на практическом уровне и предусматривают решение задач обработки данных натурального эксперимента изучаемыми методами. Выполняются практические работы с помощью ЭВМ по вариантам индивидуальных заданий. Допускается работа в подгруппах, состоящих из 2 студентов, с выполнением одного варианта. Отчет в этом случае оформляется каждым студентом отдельно. Опрос проводится независимо от личного вклада в результат выполнения работы. Для выполнения работы необходимо освоить теоретические основы соответствующего раздела, составить блок-схему вычислительного эксперимента, описать все этапы обработки данных, выполнить программную реализацию, протестировать эксперимент на контрольном примере для установления адекватности расчетов, оформить отчет по работе. При возникновении проблемных ситуаций в ходе решения практических задач (неясен алгоритм, непонятна ошибка программной среды при реализации метода, появились затруднения, связанные с тестированием алгоритма и пр.) или освоения теоретического материала преподавателем приветствуется любой диалог или дискуссия (возможно, с участием студентов, выполняющих задание по другому варианту), направленные на решение проблемы, при необходимости отведения дополнительного и/или индивидуального времени – в рамках консультаций во внеаудиторное время.

3.2 Методические указания к практическим и лабораторным занятиям

Практический курс предусматривает практические занятия по следующим темам (рядом указан объем в часах, отводимый на выполнение каждой работы).

«Методы оценки ошибок вычислений» (4 час.)

«Приближение функций. Методы аппроксимации. (ППП Scilab)» (2 час.).

«Приближение функций. Методы аппроксимации. (ППП Scilab)» (2 час.).

«Обработка данных методом наименьших квадратов в ППП Scilab» (2 час.).

«Интегрирование и дифференцирование функций, заданных таблично в ППП Scilab» (2 час.).

«Статистическая обработка массива данных в ППП Scilab» (4 час.),

«Сравнение двух выборок в ППП Scilab» (4 час.),

«Дисперсионный анализ в ППП Scilab» (4 час.),

«Корреляционный анализ в ППП Scilab» (2 час.)

«Планирование эксперимента» (6 час.)

«Применение Фурье и вейвлет- преобразований для обработки временных сигналов» (4 час.).

Практическая часть курса методически обеспечена практическими работами, которые в начале семестра изучения дисциплины выдаются студентам в электронной форме. В практикуме, ориентированном на ППП Matlab (ППП Scilab, используемый при проведении лабораторных работ и являющийся свободно-распространяемым ПО, имеет схожий с [MATLAB](#) язык программирования. В состав пакета Scilab входит утилита, позволяющая конвертировать документы Matlab в Scilab), приводится краткая теория по соответствующему разделу, предлагаются иллюстрирующие примеры с детальными компьютерными реализациями, приводятся варианты индивидуальных заданий к практикуму на ЭВМ.

Кроме текстов практических работ, студентам рекомендуется использовать также основную и дополнительную литературу согласно перечню, приведенному в п.1.10, при этом обращать внимание на практические аспекты проблем анализа данных.

Индивидуальное задание по теме практической работы выполняется строго в соответствии с выданным преподавателем заданием и вариантом. Оформлять работу следует четко и аккуратно, придерживаясь основных правил оформления отчетных работ: титульный лист (содержит: ФИО, №группы, курс, дисциплина, тема работы и т. д.), лист задания (содержит перечень предложенных заданий), раздел, содержащий теоретические основы соответствующего раздела курса (включая подробный алгоритм основного метода), раздел, содержащий описание программной реализации (листинг программного блока и описание интерфейса программы, если таковой имеется, может быть вынесен в приложение), раздел, содержащий анализ результатов моделирования.

Практическая работа считается выполненной с отметкой «зачтено» (и оценивается по рейтинговой шкале соответствующим числом баллов, см. п.1.12), если:

- 1 Программная реализация прикладной задачи полностью соответствует заданию.
- 2 Студент отвечает на основные теоретические вопросы по соответствующему разделу.
- 3 Работа оформлена в соответствии с указанными требованиями.

Сроки сдачи работ ограничены отведенным на выполнение практикума аудиторным временем – 36 час. практический занятий. Рекомендуется выполнять и сдавать на проверку отчеты по практическим работам по мере изложения лекционного материала и выдачи заданий преподавателем. Необходимым условием допуска студента на зачет является сдача всех практических работ.

3.3 Методические по самостоятельной работе студентов

На самостоятельную работу студента по дисциплине «Математические методы обработки данных» отводится 72 часа.

Схема самостоятельной работы студентов, перечень тем, рекомендации по работе с литературой, рекомендации по подготовке к аттестации:

Семестр 1

Неделя семестра	Тема и/или форма самостоятельной работы, рекомендация по работе с литературой	Кол-во отведенных часов, на самостоятельную работу
1-2	Подготовка (самостоятельная) к сдаче практической работы «Методы оценки ошибок вычислений». Написание отчета по работе. Вопросы практической реализации методов рекомендуется рассматривать с помощью литературных источников 1.10.1-1.10.8.	6
3-4	Подготовка (самостоятельная) к сдаче практической работы «Приближение функций. Методы аппроксимации. (ППП Scilab)». Написание отчета по работе. Вопросы практической реализации методов рекомендуется рассматривать с помощью литературных источников 1.10.1-1.10.8.	12
5	Подготовка (самостоятельная) к сдаче практической работы «Обработка данных методом наименьших квадратов в ППП Scilab». Написание отчета по работе. Вопрос практической реализации рекомендуется рассматривать с помощью литературных источников 1.10.2, 1.10.4, 1.10.5.	6
6	Подготовка (самостоятельная) к сдаче практической работы «Интегрирование и дифференцирование функций, заданных таблично в ППП Scilab». Написание отчета по работе. Подготовка к устному опросу с использованием основной и дополнительной литературы, указанной в п.1.10.	6
7-13	Подготовка к сдаче практических работ «Статистическая обработка массива данных в ППП Scilab», «Сравнение двух выборок в ППП Scilab», «Дисперсионный анализ в ППП Matlab», «Корреляционный анализ в ППП Scilab». Написание отчетов по работам. Подготовка к устному опросу с использованием основной и дополнительной литературы, указанной в п.1.8.	28
14-16	Подготовка к сдаче практической работы «Планирование эксперимента». Написание отчета по работам. Написание отчета по работе с использованием основной и дополнительной литературы, указанной в п.1.10.	8
17-18	Подготовка к сдаче практической работы «Применение Фурье и вейвлет-преобразований для обработки временных сигналов». Написание отчета по работе. Подготовка к устному опросу с использованием основной и дополнительной литературы, указанной в п.1.10.	6

4 Контроль знаний

4.1 Текущий контроль знаний

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и для промежуточной аттестации: балльно-рейтинговая система оценки знаний учащихся.

Текущий контроль за аудиторной и самостоятельной работой обучаемых осуществляется во время проведения практических занятий посредством устного опроса по контрольным вопросам соответствующего раздела, а также проверки отчетов по практическим работам. Промежуточный контроль осуществляется два раза в семестр в виде анализа итоговых отчетов на аттестационные вопросы.

Каждая практическая работа оценивается определенным количеством баллов (см. п.1.12). Промежуточная аттестация студентов выставляется посредством перевода текущей рейтинговой оценки в оценку по пятибалльной шкале:

1-я контрольная точка

Кол-во баллов по рейтингу	Оценка по пятибалльной шкале
34-39	5
26-33	4
19-25	3
<19	2

2-я контрольная точка (баллы суммируются нарастающим итогом)

Кол-во баллов по рейтингу	Оценка по пятибалльной шкале
61-70	5
46-60	4
35-45	3
<35	2

4.2 Итоговый контроль знаний

Итоговый контроль осуществляется после успешного прохождения студентами текущего и промежуточного контроля в виде экзамена.

Экзамен предполагает ответ студента на два теоретических вопроса. Студент должен дать краткий ответ на первый вопрос и развернутый – на второй. Экзамен проходят в письменной форме с последующей индивидуальной беседой преподавателя со студентом. На письменную работу над ответом отводится 1 час. Ответ студента оценивается балльно-рейтинговой оценкой. Максимальное количество баллов – 30 (см. п.1.12).

Перечень теоретических вопросов к экзамену по курсу: «Математические методы обработки данных»:

1 Основные понятия и классификация задач анализа данных.

2 Методы и подходы к обработке неопределенных данных.

3 Этапы решения прикладной задачи и классификация ошибок. Абсолютная и относительная погрешности. Оценка погрешностей значения функции.

- 4 Способы приближенных вычислений по заданной формуле. Приближенные вычисления по формулам с использованием инструментальных пакетов.
- 5 Вероятностные и эмпирические методы оценки ошибок.
- 6 Методы аппроксимации функций. Интерполирование табулированных функций.
- 7 Формулы численной аппроксимации производных. Проблемы численного дифференцирования и интегрирования.
- 8 Графический способ подбора формул.
- 9 Подбор формул по данным опыта по методу наименьших квадратов. Нахождение приближающих функций в виде линейных функций и квадратного трехчлена.
- 10 Подбор формул по данным опыта по методу наименьших квадратов. Нахождение приближающих функций в виде элементарных функций.
- 11 Подбор формул по данным опыта по методу наименьших квадратов. Приближение функций с помощью инструментальных средств.
- 12 Анализ подобия и размерности. -теорема. Примеры применения анализа размерностей.
- 13 Автомодельность, показатель автомодельности. Примеры физических приложений с использованием безразмерных переменных.
- 14 Измерения в физических системах. Физические парадоксы при моделировании.
- 15 Основные понятия прикладной статистики. Важные законы распределения вероятностей.
- 16 Основы выборочного метода. Генеральная совокупность и выборка. Теорема Гливенко-Кантелли. Оценки и требования к ним. Оценка математического ожидания и дисперсии, других выборочных параметров. Методика текущих измерений.
- 17 Доверительные оценки параметров распределения. Квантили. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Уровень значимости. Абсолютная и практическая достоверность. Проверка статистических гипотез.
- 18 Оценки генеральных параметров распределения. Оценка генерального математического ожидания. Оценка генеральной дисперсии.
- 19 Анализ закона распределения. Простейший критерий проверки основной гипотезы. Подбор теоретического распределения и его параметров. Вид теоретического распределения. Параметры теоретического распределения. Критерии согласия. Критерий согласия Колмогорова.
- 20 Сравнение выборок. Сравнение двух дисперсий. Сравнение двух средних.
- 21 Дисперсионный анализ.

22 Корреляционный анализ. Понятие о корреляции. Корреляция. Коэффициент корреляции. Свойства коэффициента корреляции. Оценка коэффициента корреляции по данным наблюдений.

23 Основные положения теории планирования эксперимента. Общие принципы планирования эксперимента. Варианты постановок задач теории планирования эксперимента.

24 Параметр оптимизации. Обобщенный параметр оптимизации.

25 Фактор. Полный факторный эксперимент.

26 Фактор. Дробный факторный эксперимент.

27 Проведение эксперимента.

28 Обработка результатов эксперимента.

29 Фурье-анализ временных сигналов

30 Вейвлет-анализ временных сигналов

Итоговая оценка выставляется студенту в семестре А с учетом общего рейтинга по дисциплине за учебный семестр и набранных за семестр баллов, включая баллы за посещение лекционных занятий.

Шкала перевода баллов в итоговую оценку по дисциплине:

Итоговый рейтинг по дисциплине, кол-во баллов за 7 семестр	Оценка по пятибалльной шкале
91-100	5
75-90	4
51-74	3
менее 50	2

5 Интерактивные технологии и инновационные методы, используемые в образовательном процессе

При преподавании дисциплины «Математические методы обработки данных» используются следующие инновационные технологии и методы: членение проблемных лекций, применение мультимедийного проектора при чтении лекций, «мозговой штурм», использование ресурсов сети Internet и электронных учебников при самостоятельной и аудиторной работе студентов, дискуссии в обсуждении проблемных ситуаций при программировании алгоритмов и обсуждении результатов моделирования. Детальная схема занятий, проводимых с использованием интерактивных методов обучения представлена в п. 1.8.

[Сообщить в Яндекс о проблеме](#)