

Программа утверждена на заседании кафедры прикладной механики
и управления механико-математического факультета МГУ
19.11.2014
(протокол № 6)

Заведующий кафедрой прикладной механики
механико-математического факультета МГУ
д.ф.-м.н., профессор _____ Александров В.В.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля) Обработка данных в механике
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки: 01.06.01 — «Математика и механика».
Направленность программы:
специальность 01.02.01 — «Теоретическая механика»
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП.
Тип дисциплины (модуля) по характеру ее освоения:
электив на любом периоде обучения
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<i>УК-1</i>	<p>З1 (УК-1) Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p> <p>У1 (УК-1) Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p>
<i>ОПК-1</i>	<p>З1 (ОПК-1) Знать основные понятия, результаты и задачи фундаментальной математики и механики.</p> <p>У1 (ОПК-1) Уметь применять основные математические методы и алгоритмы для решения стандартных задач математики.</p> <p>В1 (ОПК-1) Владеть методами математического моделирования.</p>
<i>ПК-10</i>	<p>З (ПК-10)-1 Знать основные и специальные разделы теории оценивания, методы качественного и количественного анализа свойств сигналов, современные методы построения фильтров для отделения полезных составляющих сигналов от шумов</p> <p>У (ПК-10)-1 Уметь физически корректно ставить задачи выделения полезного сигнала из зашумленного, анализировать свойства полезного сигнала и шума, выбирать адекватные задаче методы оценивания или фильтрации, представлять и интерпретировать полученные результаты, уметь использовать обработанные данные при решении различных задач анализа движения и навигации</p>

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых 72 часа составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (66 часов занятия лекционного типа, 0 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 2 часа групповые консультации, 2 часа индивидуальные консультации, 0 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 72 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:
Знание основ теоретической механики и теории случайных процессов.

8. Формат обучения: аудиторные занятия.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и <u>краткое</u> содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы					Самостоятельная работа обучающегося, часы			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
<p>Часть 1.</p> <p>Понятия полезного сигнала и шума. Задача оценивания как задача выделения полезного сигнала.</p> <p>Метод наименьших квадратов (МНК) в регулярном и вырожденном случае. SVD-Разложение матриц как инструмент приближенного решения вырожденных задач. Псевдообращение матриц.</p> <p>Метод расширенных наименьших квадратов (РНК). Решение с использованием SVD-разложения.</p> <p>Примеры: оценивание прямых, окружностей.</p> <p>Оценивание координат движущегося объекта по измерениям дальностей или псевдодальностей.</p> <p>Оценивание координат объекта по угловым измерениям.</p> <p>Метод наименьших модулей (L1-оптимизация). Сведение к задаче ЛП и к итерационному МНК. Применение к фильтрации сбоев в данных.</p> <p>Оптимальное оценивание в статистической постановке. Метод максимума правдоподобия. Неравенство Крамера – Рао.</p> <p>Характеристики погрешностей инерциальных сенсоров – акселерометров и гироскопов.</p>	72	36	0	0	0	0	36	0	0	36

Вариация Аллана как общепринятый метод описания их погрешностей.											
<p>Часть 2.</p> <p>Стационарные цифровые фильтры. Импульсные и частотные характеристики. Фильтры с конечной (КИХ) и бесконечной (БИХ) импульсной характеристиками. Примеры частотных характеристик для некоторых видов цифровых фильтров.</p> <p>Построение цифровых КИХ - фильтров по заданным частотным характеристикам. Явление Гиббса при обрезании коэффициентов фильтра. Сигма-множители Ланцоша.</p> <p>Оптимизация ширины окна КИХ-фильтра.</p> <p>БИХ-фильтры. Устойчивость. Дискретное преобразование Лапласа. Фильтр Баттерворта. Его связь с фильтром Калмана.</p> <p>Спектральное разложение стационарных случайных процессов. Понятие спектральной плотности процессов в непрерывном времени. Понятие процесса типа белого шума со спектральной точки зрения. Спектральная плотность процессов в дискретном времени</p> <p>Определение спектральной плотности для выходного сигнала линейной динамической системы в непрерывном и дискретном времени. Построение формирующих фильтров.</p> <p>Дискретизация стационарных случайных процессов. Маскировка частот. Спектральная плотность дискретизированного сигнала. Теорема отсчетов (Котельникова- Шеннона)</p> <p>Экспериментальное определение спектральной плотности. Метод периодограмм. Идентификация случайных процессов.</p> <p>Обработка данных статического гравиметра.</p>	72	30	0	2	2	0	34	0	0	36	
Промежуточная аттестация: экзамен	XXX	X	2				XX				
Итого	144	66	0	2	2	2	72	0	0	72	

10. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы аспирантов по дисциплине (модулю):

Научная библиотека МГУ им. А.М.Горького

Электронная библиотека попечительского совета механико-математического факультета МГУ (lib.mexmat.ru)

11. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю).

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю) и ШКАЛА оценивания					ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ
	1	2	3	4	5	
31 (УК-1) Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных	Сформированные систематические знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе междисциплинарных	Индивидуальное собеседование
У1 (УК-1) Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	Отсутствие умений	Частично освоенное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ альтернативных вариантов решения исследовательских и практических задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов	В целом успешно, но содержащие отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов решения исследовательских задач и оценка потенциальных выигрышей/проигрышей реализации этих вариантов	Сформированное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов	Практические контрольные задания
31 (ОПК1)	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о результатах, проблемах, методах научных исследований в области математики и	Неполные представления о результатах, проблемах, методах научных исследований в области математики и	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о результатах, проблемах, методах научных	Сформированные систематические представления о результатах, проблемах, методах научных исследо-	Индивидуальное собеседование

		тематики и смежных областях	смежных областях	исследований в области математики и смежных областях	ваний в области математики и смежных областях	
<i>У1 (ОПК1)</i>	Отсутствие умений	Фрагментарное умение разработки и применения методов и алгоритмов научных исследований	В целом успешное, но не систематическое умение разработки и применения методов и алгоритмов научных исследований	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение разработки и применения методов и алгоритмов научных исследований	Сформированное умение разработки и применения методов и алгоритмов научных исследований	Практические контрольные задания
3 (ПК-10)-1 Знать основные и специальные разделы теории оценивания, методы качественного и количественного анализа свойств сигналов, современные методы построения фильтров для отделения полезных составляющих сигналов от шумов	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления об основных и специальных разделах теории оценивания, методах качественного и количественного анализа свойств сигналов, современных методах построения фильтров для отделения полезных составляющих сигналов от шумов	Неполные представления об основных и специальных разделах теории оценивания, методах качественного и количественного анализа свойств сигналов, современных методах построения фильтров для отделения полезных составляющих сигналов от шумов	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных и специальных разделах теории оценивания, методах качественного и количественного анализа свойств сигналов, современных методах построения фильтров для отделения полезных составляющих сигналов от шумов	Сформированные систематические представления об основных и специальных разделах теории оценивания, методах качественного и количественного анализа свойств сигналов, современных методах построения фильтров для отделения полезных составляющих сигналов от шумов	Индивидуальное собеседование
У (ПК-10)-1 Уметь физически корректно ставить задачи выделения полезного сигнала из зашумленного, анализировать свойства полезного сигнала и шума, выбирать адекватные задаче методы оценивания или фильтрации, представлять и	Отсутствие умений	Фрагментарное умение физически корректно ставить задачи выделения полезного сигнала из зашумленного, анализировать свойства полезного сигнала и шума, выбирать адекватные задаче методы оценивания или фильтрации, представлять и интерпретировать полученные результа-	В целом успешное, но не систематическое умение физически корректно ставить задачи выделения полезного сигнала из зашумленного, анализировать свойства полезного сигнала и шума, выбирать адекватные задаче методы оценивания или фильтрации, представлять и интерпретировать полученные результаты,	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение физически корректно ставить задачи выделения полезного сигнала из зашумленного, анализировать свойства полезного сигнала и шума, выбирать адекватные задаче методы оценивания или фильтрации, представлять и интерпретировать полученные	Сформированное умение физически корректно ставить задачи выделения полезного сигнала из зашумленного, анализировать свойства полезного сигнала и шума, выбирать адекватные задаче методы оценивания или фильтрации, представлять и интерпретировать полученные результа-	Практические контрольные задания

интерпретировать полученные результаты, уметь использовать обработанные данные при решении различных задач анализа движения и навигации		ты, умение использовать обработанные данные при решении различных задач анализа движения и навигации	умение использовать обработанные данные при решении различных задач анализа движения и навигации	результаты, умение использовать обработанные данные при решении различных задач анализа движения и навигации	ты, умение использовать обработанные данные при решении различных задач анализа движения и навигации	
---	--	--	--	--	--	--

- Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций:

Построить вариацию Аллана для сигнала какого-либо инерциального сенсора

На основе анализа спектральной плотности сигнала и шума построить оптимальный фильтр в частотной и временной области

- Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения:

—

12. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы
 - Яглом А.М. Корреляционная теория стационарных случайных функций с примерами из метеорологии - Л.: Гидрометеиздат, 1981 г. 282 с.
 - Голован А.А., Парусников Н.А. Математические основы навигационных систем. Часть II.- М.: изд-во МГУ, 2008 -152 с.
 - Хемминг Р. Цифровые фильтры. М.: Недра, 1987.
 - Хардле В. Прикладная непараметрическая регрессия. – М. Мир, 1993. - 349 с.
 - Мудров В.И., Кушко В.Л. Методы обработки измерений. М.: Радио, 1976.
 - Матасов А.И. Метод гарантирующего оценивания.- М.: изд-во МГУ, 2009 -100 с.
 - Александров В.В. и др. Лекции по МУС М.: МГУ, 2012.
 - Голуб Д, Ван Лоун Ч. Матричные вычисления. М.: Мир, 1999.
 - Van Haffel S. The total least squares problem. SIAM.: Philadelphia, 1991.
 - Марпл С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1990.

- Розанов Ю.А. Случайные процессы. М.: Наука, 1979.
 - Бендат Дж, Пирсол Л. Прикладной анализ случайных данных. Москва, Мир, 1989.
 - Болотин Ю.В., Моргунова С.Н. Наблюдаемость по угловым измерениям и гладкость границы области достижимости. «Фундаментальная и прикладная математика», 2005. Выпуск 8, 2005, том 11, стр. 119-130.
 - А. Бобылев, Ю. Болотин, А. Воронов, П. Кручинин. О ДВУХ МОДИФИКАЦИЯХ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ В ЗАДАЧЕ ВОССТА-НОВЛЕНИЯ УТЕРЯННОЙ ИНФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ ВИДЕОАНАЛИЗА ПО ПОКАЗАНИЯМ АКСЕЛЕРОМЕТРА // *Российский журнал биомеханики*. — 2012. — Т. 16, № 1. — С. 89–101.
 - *Болотин Ю., Юрист С. Suboptimal smoothing filter for the marine gravimeter gt-2m // Gyroscopy and Navigation*. — 2011. — Vol. 2, no. 3. — P. 152–155.
 - *Болотин Ю., Дорошин Д. Адаптивная фильтрация данных авиагравиметрии с использованием скрытых марковских моделей // Вестник Московского университета. Серия 1. Математика и механика*. — 2011. — № 3. — С. 36–42.
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:
 - Электронная библиотека попечительского совета механико-математического факультета МГУ (lib.mexmat.ru)
 - Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):
 - Мультимедийные средства представления информации (мультимедиа-проектор)
 - Описание материально-технической базы:
 - Мультимедийные средства представления информации (персональный компьютер, мультимедиа-проектор)
 - Традиционные средства представления информации (доска меловая; доска пластиковая)

13. Язык преподавания.

Русский

14. Преподаватель (преподаватели).

Ю.В.Болотин, д.ф.-м.н., профессор