

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

**Заведующий кафедрой прикладной механики и управления механико-математического факультета МГУ  
д.ф.-м.н., профессор \_\_\_\_\_ Александров В.В.**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

1. Код и наименование дисциплины (модуля): Математическое моделирование и устойчивость движения механических систем
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки: 01.06.01 Математика и механика.  
Направленность программы: Теоретическая механика (специальность 01.02.01).
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)

<b>Формируемые компетенции (код компетенции)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
<i>УК-1</i>	<i>31 (УК-1) ЗНАТЬ: методы критического анализа и оценки</i>

	<p>современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях</p> <p><i>У1 (УК-1) УМЕТЬ:</i> анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов</p> <p><i>У2 (УК-1) УМЕТЬ:</i> при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений</p>
<i>ОПК-1</i>	<p><i>З1 (ОПК-1)</i> Знать основные понятия, результаты и задачи фундаментальной математики и механики.</p> <p><i>У1 (ОПК-1)</i> Уметь применять основные математические методы и алгоритмы для решения стандартных задач математики.</p> <p><i>В1 (ОПК-1)</i> Владеть методами математического моделирования.</p>
<i>ПК-8</i>	<p><i>З (ПК-8)-1 ЗНАТЬ:</i> основные и специальные разделы теоретической и прикладной механики, подходы к математическому моделированию и исследованию устойчивости движения механических систем, качественные и количественные методы исследования механических систем, современные тенденции в теоретической механике.</p>

	<p>У (ПК-8)-1 УМЕТЬ: физически корректно ставить задачи теоретической и прикладной механики, математического моделирования и устойчивости движения механических систем, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты, давать качественные заключения о движении сложных механических систем</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 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 36 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (28 часов занятия лекционного типа, 0 часов занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 4 часа групповые консультации, 2 часа индивидуальные консультации, 0 часов мероприятия текущего контроля успеваемости, 2 часа мероприятия промежуточной аттестации), 36 часов составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия *(если есть)*.

Знание основ и фундаментальных понятий теоретической механики и приложений к современным задачам

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 краткое 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 из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		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
<b>Тема 1. Метод функций Ляпунова</b> Общие теоремы второго метода Ляпунова Теорема об устойчивости при постоянно действующих возмущениях Теорема Барбашина–Красовского об асимптотической устойчивости для систем с периодическими по времени правыми частями Теоремы об экспоненциальной устойчивости Теорема Четаева о неустойчивости Приложения к задачам о влиянии структуры сил на устойчивость положений равновесия механических систем	15	6	0	0	0	0	6	0	0	9
<b>Тема 2: Периодические движения и их устойчивость</b> Линейные системы с периодическими коэффициентами. Теорема Флоке. Характеристические показатели. Мультипликаторы Флоке. Связь	19	8	0	2	0		10	0		9

<p>мультипликаторов Флоке и мультипликаторов отображения Пуанкаре вблизи неподвижной точки, отвечающей периодической траектории</p> <p>Теоремы об устойчивости и асимптотической устойчивости периодического решения нелинейной системы</p> <p>Предельные циклы и автоколебания</p>										
<p><b>Тема 3: Методы построения приближенных математических моделей динамических систем</b></p> <p>Теорема Васильевой об асимптотическом разложении решения сингулярно возмущенной задачи Коши.</p> <p>Метод интегральных многообразий</p> <p>Разделение движений в системах с разрывными правыми частями</p> <p>Метод осреднения в системах с одной и несколькими быстрыми фазами</p> <p>Приближенные модели гироскопических систем. Прецессионная модель гироскопа в кардановом подвесе. Систематические уходы гироскопа в кардановом подвесе.</p> <p>Приближенные модели систем с качением. Модель взаимодействия колеса с дорогой. Динамика колесного аппарата.</p>	20	8	0	2	1	0	11	0		9
<p><b>Тема 4: Хаос в системах с 3/2 степенями свободы</b></p> <p>Системы с возмущенными гамильтонианами.</p> <p>Разделение переменных на быстрые и медленные. Нелинейные резонансы. КАМ-теория. Стохастический слой нелинейного маятника</p> <p>Взаимодействие резонансов. Критерий Чирикова перекрытия резонансов</p>	16	6	0	0	1		7	0	0	9

Расщепление сепаратрис. Формула Мельникова Нетривиальные эффекты дискретизации Хаотическое вращение спутников											
Промежуточная аттестация: экзамен	XXX	X	2					XX			
<b>Итого</b>	72	28	0	4	2	2	36	0	0	36	

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

Литература из списка, см. п. 12

Научная библиотека МГУ им. А.М. Горького

Электронная библиотека попечительского совета механико-математического факультета МГУ ([lib.mexmat.ru](http://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 ОЦЕНИВА- НИЯ
	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,	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических	Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практиче-	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследо-	Сформированные систематические знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследователь-	Индивидуальное собеседование

в том числе в междисциплинарных областях		задач	ских задач	вательских и практических задач, в том числе междисциплинарных	ских и практических задач, в том числе междисциплинарных	
<i>У1 (УК-1)</i> 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
<i>З1 (ОПК1)</i>	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления о результатах, проблемах, методах научных исследований в области математики и смежных областях	Неполные представления о результатах, проблемах, методах научных исследований в области математики и смежных областях	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления о результатах, проблемах, методах научных исследований в области математики и смежных областях	Сформированные систематические представления о результатах, проблемах, методах научных исследований в области математики и смежных областях	Индивидуальное собеседование
<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
<i>З (ПК-8)-1</i> ЗНАТЬ: основные и специальные разделы теоретической и прикладной механики, качественные и ко-	Отсутствие знаний	Фрагментарные представления об основных и специальных разделах теоретической и прикладной механи-	Неполные представления об основных и специальных разделах теоретической и прикладной механики, методах математического	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы представления об основных и специальных разделах теоретической и при-	Сформированные систематические представления об основных и специальных разделах теоретической и	Индивидуальное собеседование

личественные методы исследования механических систем, современные тенденции в теоретической механике		ки, методах математического моделирования и исследования устойчивости движения механических систем, современных тенденциях в теоретической механике	моделирования и исследования устойчивости движения механических систем, современных тенденциях в теоретической механике	кладной механики, методах математического моделирования и исследования устойчивости движения механических систем, современных тенденциях в теоретической механике	прикладной механики, методах математического моделирования и исследования устойчивости движения механических систем, современных тенденциях в теоретической механике	
<i>У (ПК-8)-1</i> УМЕТЬ: физически корректно ставить задачи теоретической и прикладной механики, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты, давать качественные заключения о движении сложных механических систем	Отсутствие умений	Фрагментарное умение физически корректно ставить задачи теоретической, прикладной механики, математического моделирования и устойчивости движения механических систем, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты, давать качественные заключения о движении сложных механических систем	В целом успешное, но не систематическое умение физически корректно ставить задачи теоретической, прикладной механики, математического моделирования и устойчивости движения механических систем, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты, давать качественные заключения о движении сложных механических систем	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение физически корректно ставить задачи теоретической, прикладной механики, математического моделирования и устойчивости движения механических систем, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты, давать качественные заключения о движении сложных механических систем	Сформированное умение физически корректно ставить задачи теоретической, прикладной механики, математического моделирования и устойчивости движения механических систем, выбирать методы их анализа и решения, представлять и интерпретировать полученные результаты, давать качественные заключения о движении сложных механических систем	Практические контрольные задания

- Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций:
  - Сформулировать замкнутую механическую модель для описания изучаемого явления и указать область ее применимости;

- Указать достаточно простые модели, позволяющие сделать качественные выводы о поведении сложных динамических систем; Обсудить корректность использования классических моделей теоретической и прикладной механики;
- Сформулировать новые постановки задач на стыке разных областей знания: теоретической и прикладной механики, механики деформируемого твердого тела, биомеханики и проч.
- Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения:

—

## 12. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы
  - *Андронов А.А., Витт А.А., Хайкин С.Э.* Теория колебаний. М.: Физматлит, 1959. 916 с.
  - *Арнольд В.И.* Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: Наука, 1978. 304 с.
  - *Васильева А. Б.* Асимптотические методы в теории обыкновенных дифференциальных уравнений с малыми параметрами при старших производных. //Ж. выч. матем. и мат. физ. 1963. Т. 3, № 4. С. 611–642.
  - *Васильева А. Б., Бутузов В. Ф.* Асимптотические методы в теории сингулярных возмущений. М.: Высшая школа, 1990. 208 с.
  - *Влахова А.В., Новожилов И.В.* Разделение движений в системах с разрывными правыми частями // Сб. науч. трудов «Проблемы механики» к 90-летию академика А.Ю. Ишлинского. М.: Физматлит, 2003. С. 187-195.
  - *Влахова А. В., Новожилов И. В.* О заносе колесного экипажа при «блокировке» и «пробуксовке» одного из колес // Фундаментальная и прикладная математика. 2005. Т. 11, вып. 7. С. 11-20.
  - *Волосов В. М., Моргунов Б. И.* Метод осреднения в теории нелинейных колебательных систем. М.: Изд-во МГУ, 1971. 507 с.
  - *Воропаева Н.В., Соболев В.А.* Геометрическая декомпозиция сингулярно возмущенных систем. М.: Физматлит, 2009. 256 с.
  - *Демидович Б. П.* Лекции по математической теории устойчивости. - 2-е изд. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 480 с.
  - *Журавлев В. Ф., Климов Д. М.* Прикладные методы в теории колебаний. М.: Наука, 1988. 328 с.
  - *Заславский Г.М., Сагдеев Р.З., Усиков Д.А., Черников А.А.* Слабый хаос и квазирегулярные структуры. М.: Наука, 1991. 240 с.
  - *Ишлинский А. Ю.* Механика гироскопических систем. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 482 с.
  - *Кобрин А. И., Мартыненко Ю. Г., Новожилов И. В.* О прецессионных уравнениях гироскопических систем // ПММ. 1976. Т. 40. Вып. 2. С. 230-237.
  - *Козлов В.В.* Методы качественного анализа в динамике твердого тела. М.–Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2000. 256 с.
  - *Красовский Н. Н.* Некоторые задачи теории устойчивости движения. М.: Физматлит, 1959. 211 с.
  - *Малкин И. Г.* Теория устойчивости движения. М.: Наука, 1966. 533 с.
  - *Меркин Д.Р.* Введение в теорию устойчивости движения. М.: Наука, 1987. 304 с.
  - *Новожилов И. В.* О переходе к прецессионным уравнениям гироскопии на бесконечном интервале времени // Изв. АН СССР. МТТ. 1971. №5. С. 10-15.
  - *Новожилов И. В.* Качение колеса // Изв. РАН. МТТ. 1998. №4. С. 50-55.
  - *Новожилов И.В.* Фракционный анализ. М.: Изд-во МГУ, 1995. 224 с.

- *Новожилов И. В., Кручинин П. А., Магомедов М. Х.* Контактные силы взаимодействия колеса с опорной поверхностью // Сб. научно-методических статей. М.: Изд-во МГУ, 2000. Вып. 23. С. 86-95.
- *Райхл Л.Е.* Переход к хаосу в консервативных и классических квантовых системах. М.–Ижевск, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. 756 с.
- *Табор М.* Хаос и интегрируемость в нелинейной динамике. М.: Наука, 1984. 331 с.
- *Шильников Л.П., Шильников А.Л., Тураев Д.В., Чуа Л.* Методы качественной теории в нелинейной динамике. Ч. 1. М.-Ижевск: «Институт компьютерных исследований», 2004. 416 с. Ч. 1. М.-Ижевск: «Институт компьютерных исследований», 2009. 548 с.
  
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:  
Электронная библиотека попечительского совета механико-математического факультета МГУ ([lib.mexmat.ru](http://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).

А.В. Влахова, д.ф.-м.н., доцент