

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»»**

Институт информационных технологий, математики и механики
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
от 30.11.2022 г. протокол № 13

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Численные методы оптимального проектирования механических систем

Магистратура

Направление подготовки
01.04.02 Прикладная математика и информатика

Направленность образовательной программы
Математическое моделирование физико-механических процессов

Квалификация (степень)
Магистр

Форма обучения
Очная

Нижегород

2023 год

1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

№ варианта	Место дисциплины в учебном плане образовательной программы	Стандартный текст для автоматического заполнения в конструкторе РПД
1	Блок 1. Дисциплины (модули) Часть, формируемая участниками образовательных отношений	Дисциплина Б1.В.ДВ.01.02 , Численные методы оптимального проектирования механических систем относится к обязательной части ООП направления подготовки направления подготовки 01.04.02 Прикладная математика и информатика

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине**	
ПК-4. Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	<p>ПК-4.1. Знает методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач.</p> <p>ПК-4.2. Умеет применять методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач.</p> <p>ПК-4.3. Имеет навыки применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач</p>	<p>Знать методы разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей, методы математического и алгоритмического моделирования при решении задач оптимального проектирования моделирования при решении задач оптимального проектирования.</p> <p>Уметь применять методы математического и алгоритмического моделирования при решении научных проблем и задач.</p> <p>Владеть навыками применения методов разработки и анализа концептуальных и теоретических моделей самостоятельного создания прикладных программных средств решаемых научных проблем и задач.</p>	<i>Собеседование</i>

<p>ПК-5. Способен разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной деятельности</p>	<p>ПК-5.1. Знает типовые математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности.</p> <p>ПК-5.2. Умеет применять типовые математические методы и методологии разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности.</p> <p>ПК-5.3. Имеет навыки разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач научной деятельности.</p>	<p>Знать методы математического и алгоритмического моделирования при решении задач оптимального проектирования.</p> <p>Уметь применять типовые математические методы и методологии разработки с программного обеспечения для решения задач научной деятельности в области оптимального проектирования</p> <p>Владеть навыками разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач оптимального проектирования.</p>	<p><i>Собеседование</i></p>
--	--	--	-----------------------------

3. Структура и содержание дисциплины

3.1. Трудоемкость дисциплины

	очная форма обучения
Общая трудоемкость	5 ЗЕТ
Часов по учебному плану	180
в том числе	
контактная работа:	66
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа	32
- текущий контроль (КСР)	2
самостоятельная работа	78
Промежуточная аттестация – экзамен	36

3.2. Содержание дисциплины

Наименование	и	Всего	в том числе
---------------------	----------	--------------	--------------------

		контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них				Самостоятельная работа обучающегося,
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Всего контактных часов	
Тема 1 Общая математическая формулировка и возможные постановки задач оптимизации конструкций	12	4	4		8	4
Тема 2 основные понятия оптимизации: управляемые и неуправляемые параметры, критерии эффективности, ограничения, область поиска, область допустимых решений	12	4	4		8	4
Тема 3 целевая функция и наиболее часто встречающиеся критерии оптимизации: вес конструкции, податливость конструкции, параметры нагружения, максимальное смещение точек;	12	4	4		8	4
Тема 4 оптимальное решение, окрестность оптимума, чувствительность оптимума	12	4	4		8	4
Тема 5 классификация задач: безусловные задачи, линейное программирование, нелинейное программирование, динамическое программирование, многокритериальная оптимизация	12	2	2		4	8
Тема 6 Методы сведения многокритериальной задачи к однокритериальной. Методы свертки критериев; Метод последовательных уступок. Метод сведения к	12	2	2		4	8

задаче условной оптимизации						
Тема 7 Методы редукации размерности. Многошаговая схема. Развертка типа кривой Пеано.	12	2	2		4	8
Тема 8 методы, основанные на аппроксимации целевой функции и функций ограничений	12	2	2		4	8
Тема 9 информационно-статистический подход к оптимизации	12	2	2		4	8
Тема 10 численные методы оптимизации разрывных функций;	12	2	2		4	8
Тема 11 численный метод поэтапной многопараметрической оптимизации	12	2	2		4	8
Тема 12 оптимальное проектирование пружин замковых соединений самораскрывающихся антенн; оптимальное проектирование рессоры автомобиля	10	2	2		4	6
Текущий контроль (КСР)	2				2	
Промежуточная аттестация - экзамен	36					
Итого	180	32	32		66	78

Практические занятия (лабораторного занятия) организуются, в том числе в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий (лабораторных занятий) в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с профилем ОП: разработки системного и прикладного программного обеспечения для решения задач оптимального проектирования.
- компетенций - ПК-4; ПК-5.

Текущий контроль успеваемости проходит в рамках занятий семинарского типа.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Цель самостоятельной работы - подготовка современного компетентного специалиста и формирование способностей и навыков к непрерывному самообразованию и профессиональному совершенствованию.

Самостоятельная работа является наиболее деятельным и творческим процессом, который выполняет ряд дидактических функций: способствует формированию диалектического мышления, вырабатывает высокую культуру умственного труда, совершенствует способы организации познавательной деятельности, воспитывает ответственность, целеустремленность, систематичность и последовательность в работе студентов, развивает у них бережное отношение к своему времени, способность доводить до конца начатое дело.

Изучение понятийного аппарата дисциплины

Вся система индивидуальной самостоятельной работы должна быть подчинена усвоению понятийного аппарата, поскольку одной из важнейших задач подготовки современного грамотного специалиста является овладение и грамотное применение профессиональной терминологии. Лучшему усвоению и пониманию дисциплины помогут различные энциклопедии, словари, справочники и другие материалы, указанные списке литературы.

Изучение тем самостоятельной подготовки по учебно-тематическому плану

Особое место отводится самостоятельной проработке студентами отдельных разделов и тем по изучаемой дисциплине. Такой подход вырабатывает у студентов инициативу, стремление к увеличению объема знаний, выработке умений и навыков всестороннего овладения способами и приемами профессиональной деятельности.

Работа над основной и дополнительной литературой

Изучение рекомендованной литературы следует начинать с учебников и учебных пособий, затем переходить к нормативно-правовым актам, научным монографиям и материалам периодических изданий. Конспектирование – одна из основных форм самостоятельного труда, требующая от студента активно работать с учебной литературой и не ограничиваться конспектом лекций.

Студент должен уметь самостоятельно подбирать необходимую для учебной и научной работы литературу. При этом следует обращаться к предметным каталогам и библиографическим справочникам, которые имеются в библиотеках.

Для аккумуляции информации по изучаемым темам рекомендуется формировать личный архив, а также каталог используемых источников. При этом если уже на первых курсах обучения студент определяет для себя наиболее интересные сферы для изучения, то подобная работа будет весьма продуктивной с точки зрения формирования библиографии для последующего написания дипломного проекта на выпускном курсе.

При презентации материала на занятии можно воспользоваться следующим алгоритмом изложения темы: определение и характеристика основных категорий, эволюция предмета исследования, оценка его современного состояния, существующие проблемы, перспективы развития. Весьма презентабельным вариантом выступления следует считать его подготовку в среде Power Point, что существенно повышает степень визуализации, а,

следовательно, доступности, понятности материала и заинтересованности аудитории к результатам научной работы студента.

Самостоятельная работа студента при подготовке к экзамену

Контроль выступает формой обратной связи и предусматривает оценку успеваемости студентов и разработку мер по дальнейшему повышению качества подготовки современных менеджеров.

Итоговой формой контроля успеваемости студентов по данной учебной дисциплине является экзамен.

Изучение сайтов по темам дисциплины в сети Интернет

Ресурсы Интернет являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1 Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Уровень сформированности и компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	Не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном	Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественными	Продемонстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания,

	я от ответа	ошибки.	все задания но не в полном объеме.	задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	объеме, но некоторые с недочетами.	недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	Превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2. 1. Контрольные вопросы

Вопрос	Код компетенции (согласно РПД)
1. 1.1 Создание алгоритма программы решения многокритериальной задачи методом последовательных уступок 1.2 Создание программы реализации алгоритма	<i>ПК-4</i> <i>ПК-5</i>
2. 2.1 Создание алгоритма решения многокритериальной задачи методом свертки критериев 2.2 Создание программы реализации алгоритма	<i>ПК-4</i> <i>ПК-5</i>
3. 3.1 Создание алгоритма взаимного отображения точек одномерного и многомерного пространства с помощью кривых Пеано 3.2 Создание программы реализации алгоритма	<i>ПК-4</i> <i>ПК-5</i>
4. 4.1 Создание алгоритма редукции размерности по многошаговой схеме 4.2 Создание программы реализации алгоритма	<i>ПК-4</i> <i>ПК-5</i>
5. 5.1 Создание алгоритма нахождения глобального минимума с помощью информационно-статистического метода 5.2 Создание программы реализации алгоритма	<i>ПК-4</i> <i>ПК-5</i>
6. 6.1 Создание алгоритма программы нахождения глобального минимума методом ломаных 6.2 Создание программы реализации алгоритма	<i>ПК-4</i> <i>ПК-5</i>
7. 7.1 Создание алгоритма нахождения точки максимального изгибающего момента статически-определимой балки 7.2 Создание программы реализации алгоритма	<i>ПК-4</i> <i>ПК-5</i>
8. 8.1 Создание алгоритма нахождения оптимальных параметров спиральной пружины, как задачи с 4 критериями. 8.2 Создание программы реализации алгоритма	<i>ПК-4</i> <i>ПК-5</i>

5.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-5

Темы проектов

1. Создание программы решения многокритериальных задач с помощью метода последовательных уступок
2. Создание программы решения многокритериальных задач с помощью метода свертки критериев
3. Создание программы нахождения взаимных образов точек в одномерном и многомерном пространстве с помощью многошаговой схемы редукции размерности

4. Создание программы нахождения взаимных образов точек в одномерном и многомерном пространстве с помощью схемы редукции типа кривой Пеано
5. Создание программы нахождения глобального минимума у одномерной функции с помощью алгоритма ломаных.
6. Создание программы нахождения глобального минимума у одномерной функции с помощью информационно-статистического алгоритма.
7. Создание программы нахождения максимума у разрывной функции изгибающего момента у статически-определимой балки
8. Создание программы нахождения оптимального решения многокритериальной задачи проектирования спиральной пружины

Образцы выполнения всех проектов есть в электронном учебном пособии [1]

5.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Маркина М.В., Денисов В.В. "ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ И ЛЕКЦИИ ПО СПЕЦКУРСУ "ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ" [Электронный ресурс] Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. Режим доступа: <http://www.unn.ru/rus/books/table.html>, регистрац. номер 722.14.06 .
2. Маркина М.В. Численные методы оптимального проектирования механических систем. [Электронный ресурс] Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2011.- 27 с.- Режим доступа: <http://www.unn.ru/rus/books/table.html>, регистрац. номер 379.11.06 .
3. Малков В.П., Маркина М.В. Поэтапная параметрическая оптимизация: Учебное пособие. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 1998. 13 экз.
4. Малков В.П., Угодчиков А.Г. Оптимизация упругих систем. М.: Наука, 1981. 33 экз.
5. Стронгин Р.Г. Численные методы в экстремальных задачах. М.: Наука, 1978. 26 экз.

б) дополнительная литература:

1. Стронгин Р.Г., Гергель В.П., Городецкий С.Ю., Гришагин В.А., Маркина М.В. Современные методы принятия оптимальных решений: Учебник. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2002. 3 экз.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий лекционного и семинарского типа, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: мультимедийная техника (компьютер, проектор, экран).

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Автор: доцент Маркина М.В.

Заведующий кафедрой
теоретической,
компьютерной и
экспериментальной
механики

д.ф.-м.н., профессор
Игумнов Л.А.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики от 30.11.2022 года, протокол № 3.