

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»
Институт электронных и информационных систем
Кафедра прикладной математики и информатики



С.И. Эминов

27 03 2017 г.

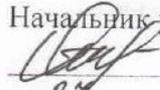
МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ И ТЕОРИЯ ИГР И ИССЛЕДОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ

Учебный модуль по направлению подготовки
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Рабочая программа

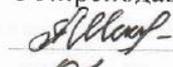
СОГЛАСОВАНО

Начальник учебного отдела

 О.Б. Широколова
« 27 » 03 20 17 г.

Разработал

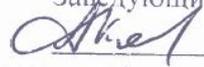
Ст. преподаватель кафедры ПМИ

 Т.Н. Шелонина
« 01 » 03 20 17 г.

Принято на заседании кафедры ПМИ

Протокол № 7 от 01.03 2017 г.

Заведующий кафедрой

 А.В. Колногоров
« 02 » 03 20 г.

1 Цели и задачи учебного модуля

Целью учебного модуля (УМ) является формирование компетентности студентов в области применения методов выпуклого анализа, линейного и выпуклого программирования, численных методов математического программирования, вариационного исчисления и оптимального управления при изучении математических методов оптимизации.

Основными задачами УМ являются:

- формирование системы теоретических знаний, позволяющих решать задачи оптимизации для широкого класса объектов;
- формирование у студентов способностей использовать полученные знания при решении задач аналитической и численной оптимизации;
- формирование умений вычислительного характера, на которых базируется решение типовых заданий курса.
- стимулирование студентов к самостоятельной деятельности по освоению дисциплины и формированию необходимых компетенций.
- развитие системного взгляда и системного мышления на основе анализа подходов к математическому моделированию конфликтных ситуаций;
- изучении основных понятий, утверждений и методов, играющих фундаментальную роль в моделировании процесса выработки решений
- овладение методикой операционного исследования
- усвоение вопросов теории и практики построения и анализа операционных моделей в различных областях
- развитие понятия компромисса при разрешении конфликтных ситуаций, вариантов и свойств данного понятия;
- ознакомление с математическими свойствами моделей и методов решения конфликтных ситуаций, используемых в решении экономических и управленческих задач.

Ведущие идеи учебного модуля:

- методы оптимизации включают в себя линейное и выпуклое программирование, численные методы математического программирования, вариационное исчисление, динамическое программирование и оптимальное управление;
- математические приемы, изучаемые в этих областях, имеют фундаментальное значение для решения теоретических и прикладных задач оптимизации, возникающих в математических моделях.

2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки

Учебный модуль относится к базовым модулям блока Б1, читается в 6 семестре.

Для изучения модуля используются знания, полученные при изучении модулей «Математический анализ», «Геометрия и алгебра», «Дифференциальные уравнения», «Численные методы».

Для успешного усвоения дисциплины студент должен

знать:

- основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, дискретной математики, теории дифференциальных уравнений и элементов теории уравнений математической физики;
- численные методы решения систем линейных алгебраических и дифференциальных уравнений, нахождения корней и экстремумов функции;

уметь:

- проводить анализ функций, решать алгебраические и дифференциальные уравнения и системы уравнений, разрабатывать численные алгоритмы приближенного решения указанных задач;
- использовать специализированные программы и пакеты программ для численного решения математических задач;

владеть:

- методами построения математической модели типовых профессиональных задач и содержательной интерпретации полученных результатов;
- методами поиска и обмена информацией в глобальных и локальных компьютерных сетях.

Освоение данной дисциплины необходимо при изучении следующих профессиональных модулей:

- «Теория систем и системный анализ»;
- «Математическое моделирование».

3 Требования к результатам освоения учебного модуля

Процесс изучения УМ направлен на формирование компетенции ПК- 2 способность понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат;

В результате освоения УМ студент должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ПК- 2	Повышенный	Основные понятия дисциплины, её методы, место и роль в решении научно практических задач	– применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и информатики; – применять функционально-логическую методологию математики к системному анализу взаимосвязей процессов	– инструментарием для решения математических задач в области прикладной математики и информатики инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		6	
Полная трудоемкость дисциплины в зачетных единицах (6Е), в том числе: –Зачет	6	6	ПК2
Распределение трудоемкости по видам УР в академ. часах (АЧ):	216	216	
– лекции	54	54	
– практические занятия (семинары)	54	54	
– в том числе, аудиторная СРС	18	18	
– внеаудиторная СРС	108	108	
Вид итогового контроля	Диф.зачет	Диф.зачет	

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

В структуре УМ выделены следующие учебные элементы модуля (УЭМ) в качестве самостоятельных разделов:

- УЭМ1 Математическое программирование;
- УЭМ2 Вариационное исчисление и оптимальное управление;
- УЭМ3 Исследование операций;
- УЭМ4 Теория игр.

УЭМ1 Математическое программирование

1.1 Выпуклый анализ

Выпуклые множества Критерии выпуклости множеств. Свойства выпуклых множеств. Проекция точки на множество и уравнение разделяющей прямой.

Теоремы отделимости. Теорема о разделяющей гиперплоскости.

Конус и его свойства. Теорема Фаркаша. Выпуклые функции. Критерии выпуклости функций. Свойства выпуклых функций. Основная задача выпуклого программирования.

Экстремальные свойства выпуклых функций на выпуклых множествах. Необходимые условия оптимальности. Достаточные условия оптимальности. Теоремы Куна-Таккера. Задача квадратичного программирования.

1.2 Линейное программирование

Основная задача линейного программирования. Решение задач линейного программирования графически и перебором базисных решений.

Двойственность в задачах линейного программирования. Нахождение экстремума с использованием принципа двойственности.

Канонический вид задачи. Конечные методы решения. Симплекс-метод. Метод отыскания исходной угловой точки. Метод возмущений для решения вырожденных задач.

1.3 Численные методы математического программирования

Методы одномерной минимизации: метод золотого сечения, метод парабол, метод касательных.

Метод штрафных функций. Градиентные методы

УЭМ2 Вариационное исчисление и оптимальное управление

2.1 Вариационное исчисление

Понятие функционала. Понятие вариации. Необходимое условие экстремума функционала.

Уравнение Эйлера для нахождения экстремалей. Достаточные условия Лежандра экстремума функционала.

Вариационные задачи в параметрической форме. Задачи со старшими производными.

Изопериметрическая задача. Вариационные задачи с подвижными границами. Условия трансверсальности.

Приложения вариационного исчисления к физике. Классические задачи вариационного исчисления.

2.2 Оптимальное управление

Постановка задачи. Принцип Лагранжа для ляпуновских задач оптимального управления.

Необходимые условия оптимальности. Некоторые обобщения.

Игольчатое варьирование управления. Принцип максимума Л.С.Понтрягина. Линейные оптимальные быстроедействия. Синтез оптимального управления.

Динамическое программирование. Принцип оптимальности Беллмана Уравнение Беллмана.

УЭМ3 Исследование операций

Исследование операций. Задача линейного программирования, математическая модель.

Теория двойственности.

Графический способ решения ЗЛП.

Симплекс-метод решения ЗЛП.

Транспортная задача, метод потенциалов, задача с ограничениями.

УЭМ4 Теория игр

Конфликтные ситуации и оптимизация. Математическое моделирование конфликта. Примеры.

Понятие игры. Участники. Действия. Интересы.

Модель дуополии по Курно.

Оптимальность. Равновесие.

Математическая модель игры. Игры в нормальной форме.

Игры с постоянной суммой. Понятие антагонистической игры. Способы задания антагонистической игры. Матричная форма задания игры.

Стратегии игроков. Седловая точка и равновесие. Максимум и минимум, связывающее их неравенство. Теорема о существовании седловой точки. Свойства седловой точки.

Доминирование стратегий.

Смешанное расширение игры. Смешанные стратегии игроков и их вероятностный смысл.

Седловая точка в смешанных стратегиях.

Решение игр 2×2 . Графическое решение игр.

Игра $m \times 2$; $2 \times n$; $m \times n$.

Сведение решения игры к решению сопряженных задач линейного программирования (ЛП).

Игра с природой.

Биматричная игра 2×2 .

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

4.4 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения учебных занятий даются в Приложении А.

5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ и его составляющих осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются формы контроля: текущий – регулярно в течение всего семестра, рубежный (после освоения каждого УЭМ) и семестровый (дифференцированный зачет) – по окончании изучения УМ.

Рубежный контроль проводится на 9 неделе и предполагает учет суммарных результатов по итогам текущего контроля за соответствующий период, включая баллы за активность во время практических занятий.

Максимальное количество баллов по модулю – 300.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с положением от 25.06.2013 «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования» и «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации».

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: разноуровневые задачи, опрос, контрольная работа и дифференцированный зачет. В начале лекционных занятий проводится опрос. В конце большинства практических занятий студентам дается задача для самостоятельного решения. Контрольные работы проводятся на 4,9,13 и 18 неделях обучения.

Критерии оценивания представлены в следующей таблице.

Оценочное средство	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Разноуровневые задачи	3 балла – Не всегда адекватно подбирает формулы и (или) использует их с ошибками	4 балла – Допускает неточности в подборе формул и (или) допускает некритические ошибки в их использовании	5 баллов – Способен правильно выбрать нужную формулу и правильно ее применить
Опрос	3 балла – 50-69% правильных ответов	4 балла – 70-89% правильных ответов	5 баллов – 90-100% правильных ответов
Контрольная работа	20-26 баллов – Правильно решены три задачи. Минимальное количество баллов (20) – при условии некритических ошибок в	27-30 баллов – Правильно решены четыре задачи. Минимальное количество баллов (27) – при условии	31-40 баллов – Все пять задач решены правильно. Минимальное количество баллов (31) – при условии

Оценочное средство	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	расчетах	некритичных ошибок в расчетах	некритичных ошибок в расчетах
Экзамен	25-34 – Испытывает трудности при демонстрации знаний	35-44 – Допускает неточности при демонстрации знаний	45-50 – Демонстрирует всестороннее и глубокое знание материала модуля

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено Картой учебно-методического обеспечения (Приложение Г).

7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля

Для осуществления образовательного процесса по модулю используется лекционная аудитория, оборудованная мультимедийными средствами

Приложения (обязательные):

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В – Паспорта компетенций

Г – Карта учебно-методического обеспечения УМ

Приложение А
(обязательное)

**Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля
«Методы оптимизации, исследование операций и теория игр»**

Учебный модуль «Методы оптимизации, исследование операций и теория игр» разделен на четыре учебных элемента модуля (УЭМ): «Математическое программирование», «Вариационное исчисление и оптимальное управление», «Исследование операций» и «Теория игр». Каждый из УЭМ состоит из взаимосвязанных разделов, по которым предусмотрены лекционные и практические занятия. Первый учебный элемент посвящен математическому программированию и рассматривает аналитические и численные методы поиска экстремума в задачах выпуклого, квадратичного и линейного программирования, в том числе при наличии ограничений типа равенств и неравенств. Второй УЭМ направлен на знакомство студентов с методами поиска экстремума в функциональных пространствах, которые включают в себя вариационное исчисление и оптимальное управление. Третий УЭМ рассматривает основные методы решения задач оптимизации. Четвертый УЭМ – модели конфликтных ситуаций.

В таблице А.1 отражены разделы модуля, технологии и формы проведения занятий, задания по самостоятельной работе студента и ссылки на необходимую литературу.

А.1 Методические рекомендации по теоретической части учебного модуля

Теоретическая часть модуля направлена на формирование системы знаний о методах поиска экстремума, в том числе в функциональных пространствах и при наличии ограничений типа равенств и неравенств. Основное содержание теоретической части излагается преподавателем на лекционных занятиях, а также усваивается студентом при знакомстве с дополнительной литературой, которая предназначена для более глубокого овладения знаниями основных дидактических единиц соответствующего раздела и указана в таблице А.1.

В начале лекции может проводиться опрос (не более 15 мин.) для экспресс-оценки уровня усвоения теоретического материала студентами. Опрос состоит из закрытых вопросов, например:

1 Особая роль задач выпуклого программирования обусловлена: а) экстремальными свойствами выпуклых функций, упрощающими процесс поиска минимума; б) низкой размерностью задачи; в) большей простотой программирования алгоритмов на компьютере.

2 Различие между квадратичным и выпуклым программированием состоит в: а) записи оптимизируемой функции; б) размерности задачи.

3 К методам одномерной оптимизации относятся: а) методы спуска; б) методы золотого сечения и касательных; в) методы штрафных функций

Таблица А.1 - Организация изучения учебного модуля «Методы оптимизации и исследование операций и теория игр»

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
УЭМ1 Математическое программирование			
1.1 Выпуклый анализ	<ul style="list-style-type: none"> – вводная лекция – информационная лекция – решение задач с обсуждением результатов 	<ul style="list-style-type: none"> – решить задачи (ауд. СРС) 	<p>1. Карманов В. Г. Математическое программирование: Учеб. пособие. — 5-е изд., стереотип. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 1980, 2000. — 264 с.</p> <p>2. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах : Учеб. пособие для вузов. - 3-е изд. стер. - М.: Высшая школа, 2002, 2005, 2008. - 544с.</p> <p>3. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах : Учеб. пособие. - 2-е изд. испр. - СПб. : Лань, 2009. — 347 с.</p>
1.2 Линейное программирование	<ul style="list-style-type: none"> – информационная лекция – решение задач с обсуждением результатов 	<ul style="list-style-type: none"> – решить задачи (ауд. СРС) 	<p>1. Карманов В. Г. Математическое программирование: Учеб. пособие. — 5-е изд., стереотип. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 1980, 2000. — 264 с.</p> <p>2. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах : Учеб. пособие для вузов. - 3-е изд. стер. - М.: Высшая школа, 2002, 2005, 2008. - 544с.</p> <p>3. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах : Учеб. пособие. - 2-е изд. испр. - СПб. : Лань, 2009. — 347 с.</p>
1.3 Численные методы математического программирования	<ul style="list-style-type: none"> – информационная лекция – решение задач с обсуждением результатов 	<ul style="list-style-type: none"> – решить задачи (ауд. СРС) – подготовиться к опросу 	<p>1. Карманов В. Г. Математическое программирование: Учеб. пособие. — 5-е изд., стереотип. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 1980, 2000. — 264 с.</p> <p>2. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах : Учеб. пособие для вузов. - 3-е изд. стер. - М.: Высшая школа, 2008. - 544с.</p>

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
			3.Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах : Учеб. пособие. - 2-е изд. испр. - СПб. : Лань, 2009. – 347 с.
УЭМ2 Вариационное исчисление и оптимальное управление			
2.1 Вариационное исчисление	– вводная лекция – информационная лекция – решение задач с обсуждением результатов	– решить задачи (ауд. СРС)	1.Пантелеев А.В. Вариационное исчисление в примерах и задачах : Учеб. пособие для вузов. - М. : Высшая школа, 2006. - 271с. 2Задача Лагранжа и принцип максимума Понтрягина [Электронный ресурс]: метод. указания / Авт.-сост.: А.В.Колногоров; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2011. – 27 с. – Режим доступа: https://novsu.bibliotech.ru
2.2 Оптимальное управление	– информационная лекция – решение задач с обсуждением результатов	– решить задачи (ауд. СРС) – подготовиться к опросу	– 1. Пантелеев А.В. Вариационное исчисление в примерах и задачах : Учеб. пособие для вузов. - М. : Высшая школа, 2006. - 271с. – 2. Задача Лагранжа и принцип максимума Понтрягина [Электронный ресурс]: метод. указания / Авт.-сост.: А.В.Колногоров; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2011. – 27 с. – Режим доступа: https://novsu.bibliotech.ru
УЭМ3 Исследование операций			
	– вводная лекция – информационная лекция – решение задач с обсуждением результатов	– решить задачи (ауд. СРС) – подготовиться к опросу	– Вентцель, Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология : учеб. пособие для вузов. - 4-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2006. – Грешилов, А. А. Прикладные задачи математического программирования : учеб. пособие для вузов / А. А. Грешилов. - 2-е изд., доп. - М. : Логос, 2006.
УЭМ4 Теория игр			

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
	<ul style="list-style-type: none"> – вводная лекция – информационная лекция – решение задач с обсуждением результатов 	<ul style="list-style-type: none"> – решить задачи (ауд. СРС) – подготовиться к опросу 	<ul style="list-style-type: none"> – Вентцель, Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология : учеб. пособие для вузов. - 4-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2006. – Грешилов, А. А. Прикладные задачи математического программирования : учеб. пособие для вузов / А. А. Грешилов. - 2-е изд., доп. - М. : Логос, 2006.

А.2 Методические рекомендации по практическим занятиям

Цель практических занятий – закрепление теоретического материала и выработка у студентов умения решать задачи по практическим аспектам учебного модуля. В конце практического занятия студентам дается задача для самостоятельного решения. Оценка ставится по пятибалльной системе.

Практические занятия в рамках УМ строятся следующим образом:

- 20% аудиторного времени отводится на объяснение решения типовой задачи у доски;
- 70% аудиторного времени – самостоятельное решение задач студентами;
- 10% аудиторного времени в конце текущего занятия – разбор типовых ошибок при решении задач.

Большинство задач содержится в учебных пособиях:

1. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах : Учеб. пособие для вузов. - 3-е изд., стер. - М.: Высшая школа, 2002, 2005, 2008. - 544с.
2. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах : Учеб. пособие. - 2-е изд. испр. - СПб. : Лань, 2009. – 347 с.
3. Вентцель, Е. С.
Исследование операций: задачи, принципы, методология : учеб. пособие для вузов. - 4-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2006.
4. Грешилов,
Прикладные задачи математического программирования : учеб. пособие для вузов / А. А. Грешилов. - 2-е изд., доп. - М. : Логос, 2006.

На 9 неделе проводится контрольная работа. Состоит из пяти задач в соответствии с изученными темами УЭМ1.

Конкретная форма проведения практических занятий указана в таблице А.1.

А.4 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов

Примеры разноуровневых задач с решением представлены в учебных пособиях:

1. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах : Учеб. пособие для вузов. - 3-е изд. стер. - М.: Высшая школа, 2002, 2005, 2008. - 544с.
2. Пантелеев А.В. Вариационное исчисление в примерах и задачах : Учеб. пособие для вузов. - М. : Высшая школа, 2006. - 271с.
3. Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах : Учеб. пособие. - 2-е изд. испр. - СПб. : Лань, 2009. – 347 с.
4. Задача Лагранжа и принцип максимума Понтрягина [Электронный ресурс]: метод. указания / Авт.-сост.: А.В.Колногоров; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2011. – 27 с. – Режим доступа: <https://novsu.bibliotech.ru>
5. Вентцель, Е. С.
Исследование операций: задачи, принципы, методология : учеб. пособие для вузов. - 4-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2006.
6. Грешилов, А. А.
Прикладные задачи математического программирования : учеб. пособие для вузов / А. А. Грешилов. - 2-е изд., доп. - М. : Логос, 2006.

Для подготовки к контрольной работе и дифференцированному зачету рекомендуется пользоваться основной и дополнительной учебно-методической литературой, представленной в таблице А.1 и в карте учебно-методического обеспечения.

Приложение Б
(обязательное)

Технологическая карта

учебного модуля «Методы оптимизации, исследование операций и теория игр»

семестр – 6, ЗЕ – 6, вид аттестации – дифференцированный зачет, акад. часов – 216, баллов рейтинга – 300

№ и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ недели сем.	Трудоемкость, ак. час				Форма текущего контроля успеваемости (в соответствии с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия			СРС		
		ЛЕК	ПЗ	АСРС			
УЭМ1 Математическое программирование	1-4	14	14	4	27		75
1.1 Выпуклый анализ	1	3	3	2	12	разноуровневые задачи	20
1.2 Линейное программирование	2-3	5	5	1	9	разноуровневые задачи	20
1.3 Численные методы математического программирования	3-4	6	6	1	6	разноуровневые задачи	20
						Опрос, контрольная работа	15
УЭМ2 Вариационное исчисление и оптимальное управление	5-9	14	14	5	27		75
2.1 Вариационное исчисление	5-6	6	6	2	15	разноуровневые задачи	25
2.2 Оптимальное управление	7-8	6	6	2	9	разноуровневые задачи	25
Рубежный контроль	9	2	2	1	3	контрольная работа	25
Рубежная аттестация – не менее 75 баллов из 150							
УЭМ3 Исследование операций	10-13	13	13	4	26		75
3.1 Задача линейного программирования, математическая модель. Теория двойственности.	10	3	3	1	6	разноуровневые задачи	15
3.2 Графический способ решения ЗЛП	11	3	3	1	6	разноуровневые задачи	15
3.3 Симплекс-метод решения ЗЛП	12	3	3	1	7	разноуровневые задачи	15
3.4 Транспортная задача, метод потенциалов, задача с ограничениями	13	4	4	1	7	разноуровневые задачи контрольная работа	30
УЭМ4 Теория игр	14-18	13	13	5	28		75
4.1 Модель конфликтной ситуации. Понятие игры. Модель дуополии по Курно.	14	4	2	1	6	разноуровневые задачи	10
4.2 Игры в нормальной форме. Игры с постоянной суммой. Понятие антагонистической игры. Матричная форма задания игры.	15	4	4	1	6	разноуровневые задачи	10
4.3 Игра с природой.	16	3	3	1	6	разноуровневые задачи	15
4.4 Биматричная игра 2x2.	17	2	2	1	6	разноуровневые задачи	15
Зачет	18		2	1	4	разноуровневые задачи контрольная работа	25
Итого:		54	54	18	108		300

Критерии оценки качества освоения студентами модуля (в соответствии с Положением «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования» и «О фонде оценочных средств»):

- оценка «удовлетворительно» – от 150 до 207 баллов
- оценка «хорошо» – от 208 до 267 баллов
- оценка «отлично» – от 268 до 300баллов

Приложение В
(обязательное)

Паспорт компетенции ПК-2

ПК-2 Способность применять в исследовательской деятельности современный математический аппарат

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		3	4	5
Пороговый уровень	Знание Основные понятия дисциплины, её методы, место и роль в решении научно практических задач	Имеет представление об основных понятий дисциплины, её методах, месте и роли в решении научно практических задач , но допускает неточности в формулировках	Имеет представление об основных понятий дисциплины, её методах, месте и роли в решении научно практических задач	Имеет четкое, целостное представление об основных понятий дисциплины, её методах, месте и роли в решении научно-практических задач
	Умение – применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и информатики; – применять функционально-логическую методологию математики к системному анализу взаимосвязей процессов	В целом успешное, но не систематическое умение применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и информатики Умеет применять функционально-логическую методологию математики к системному анализу взаимосвязей процессов для решения типовых задач	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и информатики Умеет применять функционально-логическую методологию математики к системному анализу взаимосвязей процессов комбинированных задач	Сформированное умение применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и информатики Умеет применять функционально-логическую методологию математики к системному анализу взаимосвязей для решения задач повышенной сложности
	Владение – инструментарием для решения математических задач в области прикладной математики и информатики инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей	Владеет недостаточно инструментарием для решения математических задач в области прикладной математики и информатики Владеет недостаточно инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей	Хорошо владеет инструментарием для решения математических задач в области прикладной математики и информатики Хорошо владеет инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей	Уверенно владеет инструментарием для решения математических задач в области прикладной математики и информатики Уверенно владеет инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей
Базовый уровень	Знание Основные понятия дисциплины, её методы, место и роль в решении научно практических задач с использованием современного математического аппарата;	Имеет представление об основных понятий дисциплины, её методах, месте и роли в решении научно практических задач с использованием современного математического аппарата, но допускает неточности в формулировках	Имеет представление об основных понятий дисциплины, её методах, месте и роли в решении научно практических задач с использованием современного математического аппарата	Имеет четкое, целостное представление об основных понятий дисциплины, её методах, месте и роли в решении научно-практических задач с использованием современного математического аппарата

	<p>Умение</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и информатики; – применять функционально-логическую методологию математики к системному анализу взаимосвязей процессов и построению простейших математических моделей. 	<p>В целом успешное, но не систематическое умение применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и информатики</p> <p>Умеет применять функционально-логическую методологию математики к анализу взаимосвязей процессов и построению простейших математических моделей для решения типовых задач</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и информатики</p> <p>Умеет применять функционально-логическую методологию математики к анализу взаимосвязей процессов и построению простейших математических моделей для решения комбинированных задач</p>	<p>Сформированное умение применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и информатики</p> <p>Умеет применять функционально-логическую методологию математики к у анализу взаимосвязей процессов и построению простейших математических моделей для решения задач повышенной сложности</p>
	<p>Владение</p> <ul style="list-style-type: none"> – инструментарием для решения математических задач в области прикладной математики и информатики инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей при построении мат. моделей процессов и явлений; 	<p>Владеет недостаточно инструментарием для решения математических задач в области прикладной математики и информатики</p> <p>Владеет недостаточно инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей при построении математических моделей процессов и явлений</p>	<p>Хорошо владеет инструментарием для решения математических задач в области прикладной математики и информатики</p> <p>Хорошо владеет инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей при построении математических моделей процессов и явлений</p>	<p>Уверенно владеет инструментарием для решения математических задач в области прикладной математики и информатики</p> <p>Уверенно владеет инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей при построении математических моделей процессов и явлений</p>
Повышенный уровень	<p>Знание</p> <p>углублённые понятия дисциплины, её методы, место и роль в решении научно-практических задач с использованием современного математического аппарата;</p>	<p>Имеет представление об углублённых понятиях дисциплины, её методах, месте и роли в решении научно-практических задач с использованием современного математического аппарата, но допускает неточности в формулировках</p>	<p>Имеет представление об углублённых понятиях дисциплины, её методах, месте и роли в решении научно-практических задач с использованием современного математического аппарата</p>	<p>Имеет четкое, целостное представление об основных понятиях дисциплины, её методах, месте и роли в решении научно-практических задач с использованием современного математического аппарата</p>
	<p>Умение</p> <ul style="list-style-type: none"> – применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и информатики; – применять функционально-логическую методологию математики к системному анализу взаимосвязей процессов и построению математических 	<p>В целом успешное, но не систематическое умение применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и информатики</p> <p>Умеет применять функционально-логическую методологию математики к системному анализу взаимосвязей процессов и построению математических</p>	<p>В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и информатики</p> <p>Умеет применять функционально-логическую методологию</p>	<p>Сформированное умение применять и совершенствовать современный математический аппарат при решении научно-практических задач прикладной математики и информатики</p> <p>Умеет применять функционально-логическую методологию математики к системному анализу взаимосвязей</p>

	взаимосвязей процессов и построению математических моделей.	моделей для решения типовых задач	математики к системному анализу взаимосвязей процессов и построению математических моделей для решения комбинированных задач	процессов и построению математических моделей для решения задач повышенной сложности
	Владение –инструментарием для решения задач в области прикладной математики и информатики инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей при построении мат. моделей процессов и явлений;	Владеет недостаточно инструментарием для решения математических задач в области прикладной математики и информатики Владеет недостаточно инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей при построении математических моделей процессов и явлений	Хорошо владеет инструментарием для решения математических задач в области прикладной математики и информатики Хорошо владеет инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей при построении математических моделей процессов и явлений	Уверенно владеет инструментарием для решения математических задач в области прикладной математики и информатики Уверенно владеет инструментарием формально-логической концепции математики для идеализации и системного анализа связей при построении математических моделей процессов и явлений

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Пороговый уровень	Знает принципы формулирования и записи ограничений в математических моделях	Испытывает трудности при формулирования и записи ограничений в математических моделях	Допускает неточности при формулирования и записи ограничений в математических моделях	Имеет целостное представление о методах формулирования и записи ограничений в математических моделях
	Умеет учитывать последствия функционирования систем при формулировке целей	Испытывает трудности при учете последствий функционирования систем при формулировке целей	Допускает неточности при учете последствий функционирования систем при формулировке целей	Способен правильно учитывать последствия функционирования систем при формулировке целей
	Владеет навыками анализа последствий и рисков	Испытывает трудности при анализе последствий и рисков	Допускает неточности при анализе последствий и рисков	Уверенно проводит анализ последствий и рисков

Приложение Г
(обязательное)

Карта учебно-методического обеспечения

Учебного модуля «**Методы оптимизации, исследование операций и теория игр**»

Направление (специальность) 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Формы обучения очная

Курс 3 Семестр 6

Часов: всего 216, лекций 54, практ. зан. 54, СРС 108

Обеспечивающая кафедра ПМИ

Таблица Г.1- Обеспечение учебного модуля учебными изданиями

Библиографическое описание издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
Учебники и учебные пособия		
1.Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации в теории управления : Учеб.пособие для вузов / Изд. прогр."300 лучших учеб.для высш.шк.в честь 300-летия С.-Петербур.". - СПб. : Питер, 2004. - 255с.	12	
2.Акулич И.Л. Математическое программирование в примерах и задачах : Учеб.пособие. - 2-е изд.,испр. - СПб. : Лань, 2009. – 347 с.	5	
3.Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах : Учеб.пособие для вузов. - 3-е изд.,стер. - М.: Высшая школа, 2002, 2005, 2008. - 544с.	4	
4.Пантелеев А.В. Вариационное исчисление в примерах и задачах : Учеб.пособие для вузов. - М. : Высшая школа, 2006. - 271с.	2	
5. Вентцель, Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология : учеб. пособие для вузов. - 4-е изд., стер. - М. : Дрофа, 2006. - 207,[1]с. : ил. - (Высшее образование). - Библиогр.:с.205-206. - Указ.:с.207-208. - ISBN 5-358-00340-1 : 126.00. - ISBN 978-5-358-00340-8 : (в пер.) : 126.00.	12	
Учебно-методические издания		
1.Рабочая программа модуля с приложениями «Методы оптимизации, исследование операций и теория игр» /Авт.-сост. Т.Н.Шелонина; НовГУ. – В.Новгород, 2017. – 17 с.	-	
2. Задача Лагранжа и принцип максимума Понтрягина: [Электронный ресурс] метод. указания / Авт.-сост.: А.В.Колногоров; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2003. – 27 с. . – Режим доступа: https://novsu.bibliotech.ru	90	

Таблица 2 – Информационное обеспечение модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронн ый адрес	Примечани е
1. Задача Лагранжа и принцип максимума Понтрягина [Электронный ресурс]: метод. указания / Авт.-сост.: А.В.Колногоров; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2011. – 27 с. – Режим доступа: https://novsu.bibliotech.ru	https://novsu .bibliotech.ru	

Таблица 3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
1. Грешилов, А. А. Прикладные задачи математического программирования : учеб. пособие для вузов / А. А. Грешилов. - 2-е изд., доп. - М. : Логос, 2006. - 286 с. : ил. - (Новая университетская библиотека). - Библиогр.: с. 285-286. - ISBN 5-98704-077-9 : 248.00. - ISBN 978-5-98704-077-5 : (в пер.) : 248.00, 2000 экз. - 189.75.	15	
2. Жабко, А.П. Сборник задач и упражнений по теории управления. Стабилизация программных движений : учеб. пособие для вузов. - М. : Высшая школа, 2003. - 285,[2]с. : ил. - Библиогр.: с.285-286. - ISBN 5-06-004395-7 : 147.62. - ISBN 978-5-060-04395-2 : 161.70.	7	

Действительно для учебного года _____ / _____

Зав. кафедрой _____
подпись И.О.Фамилия

_____ 20..... г.

Действительно для учебного года _____ / _____

Зав. кафедрой _____
подпись И.О.Фамилия

_____ 20..... г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:

должность

подпись

расшифровка