

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

Кафедра прикладной математики и информатики

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭИС
_____ Б.И. Селезнев

«_____» _____ 20 ____ г.

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

Учебный модуль по направлению подготовки
01.03.02 Прикладная математика и информатика

Рабочая программа

СОГЛАСОВАНО

Начальник учебного отдела

_____ Е.И. Грошев

«_____» _____ 20 ____ г.

Разработал

Зав. кафедрой ПМИ

_____ А.В. Колногоров

«_____» _____ 20 ____ г.

Принято на заседании кафедры ПМИ

Протокол № ____ от _____ 20 ____ г.

Заведующий кафедрой

_____ А.В. Колногоров

«_____» _____ 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.

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 модулям профессиональной подготовки, читается в 5 семестре.

Для изучения модуля используются знания, полученные при изучении модулей естественно-научного цикла, таких как «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 компетенций:

- ПК 3 Способность применять в исследовательской деятельности современный математический аппарат;
- ПК-5 Способность изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности;
- ПК-8 Способность формировать суждения о значении и последствиях своей профессиональной деятельности с учетом социальных, профессиональных и этических позиций.

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

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ПК 3	базовый	Теоретические основы математического анализа, алгебры, дифференциальных уравнений	Выполнять исследование функций, решать алгебраические и дифференциальные системы уравнений	методами численного исследования математических моделей
ПК-5	базовый	Интерпретации изучаемого математического аппарата в приложении к системам автоматического управления, социальным и экономическим системам	Описывать производственные, социальные и экономические процессы корректными математическими моделями	Навыками использования прикладного программного обеспечения для решения и оптимизации математических моделей

ПК-8	базовый	Принципы формулирования и записи ограничений в математических моделях	Учитывать последствия функционирования систем при формулировке целей	Навыками анализа последствий и рисков
------	---------	---	--	---------------------------------------

4 Структура и содержание учебного модуля

4.1 Трудоемкость учебного модуля

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

- **УЭМ1** Математическое программирование;
- **УЭМ2** Вариационное исчисление и оптимальное управление.

Учебная работа (УР)	Всего	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
		5 сем.	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕ)	3	3	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):	108	108	
1) УЭМ1 Математическое программирование			
- лекции	9	9	ПК-3, ПК-5, ПК-8
- практические занятия	18	18	
- аудиторная СРС	5	5	
- внеаудиторная СРС	27	27	
2) УЭМ2 Вариационное исчисление и оптимальное управление			
- лекции	9	9	ПК-3, ПК-5, ПК-8
- практические занятия	18	18	
- аудиторная СРС	4	4	
- внеаудиторная СРС	27	27	
Аттестация:			
- зачет			

4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

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 быстродействия. Синтез оптимального управления.

Динамическое программирование. Принцип оптимальности Беллмана. Уравнение Беллмана.

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 (экзамен) – по окончании изучения УМ.

Рубежная аттестация на 9 неделе проводится по результатам рубежного контроля по УЭМ1. Пороговому уровню соответствует 37 баллов, максимальное количество баллов – 75.

Рубежный контроль по УЭМ2 проходит на 18 неделе. Пороговому уровню соответствует 37 баллов, максимальное количество баллов – 75.

Максимальное количество баллов, получаемое на экзамене, – 50. Максимальное количество баллов по модулю – 200.

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 экзамен. В начале лекционных занятий по разделу 1.3 проводится опрос. В конце большинства практических занятий студентам дается задача для самостоятельного решения. Контрольные работы проводятся на 9 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	27-30 баллов – Правильно решены четыре задачи.	31-40 баллов – Все пять задач решены правильно.

Оценочное средство	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	количество баллов (20) – при условии некритичных ошибок в расчетах	Минимальное количество баллов (27) – при условии некритичных ошибок в расчетах	Минимальное количество баллов (31) – при условии 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

Критерии оценивания экзамена:

- уверенное владение терминологией – 10 баллов максимум;
- глубина знаний по теме вопроса – 10 баллов максимум;
- полнота ответа – 10 баллов максимум;
- логическая связность – 10 баллов максимум;
- аргументированность ответа – 10 балла максимум.

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (Приложение Б).

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»**

Учебный модуль «Методы оптимизации» разделен на два учебных элемента модуля (УЭМ): «Математическое программирование» и «Вариационное исчисление и оптимальное управление». 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.

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»

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 	– 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 	– 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> <p>3.Акулич И.Л. Математическое</p>

Раздел модуля	Технология и форма проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература и интернет-ресурсы
			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	<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.Пантелеев А.В. Вариационное исчисление в примерах и задачах : Учеб. пособие для вузов. - М. : Высшая школа, 2006. - 271с.</p> <p>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</p>
2.2 Оптимальное управление	<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 	<ul style="list-style-type: none"> – 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

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 УЭМ1 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.

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

Практические занятия в рамках УЭМ2 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. 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>

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 учебном 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>

Для подготовки к контрольной работе и экзамену 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»

семестр – 5, ЗЕ – 3, вид аттестации – зачет, акад. часов – 108, баллов рейтинга – 150

№ 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	1-9	9	18	5	27		75
1.1 Выпуклый анализ	1-4	4	8	2	12	разноуровневые задачи	10
1.2 Линейное программирование	5-7	3	6	2	9	разноуровневые задачи	10
1.3 Численные методы математического программирования	8-9	2	2		3	разноуровневые задачи	10
						опрос	5
Рубежный контроль по УЭМ1	9		2	1	3	контрольная работа	40
Рубежная аттестация – не менее 37 балла из 75							
УЭМ2 Вариационное исчисление и оптимальное управление	10-18	9	18	4	27		75
2.1 Вариационное исчисление	10-14	5	10	2	15	разноуровневые задачи	15
2.2 Оптимальное управление	15-18	4	6	1	9	разноуровневые задачи	20
Рубежный контроль по УЭМ1	9		2	1	3	контрольная работа	40
Рубежная аттестация – не менее 37 балла из 75							
Зачет							
Итого:		18	36	9	54		150

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 75 до 104 баллов
- оценка «хорошо» – от 105 до 134 баллов
- оценка «отлично» – от 135 до 150 баллов

Приложение В
(обязательное)

Паспорта компетенций ПК-3, ПК-5, ПК-8

ПК-3 Способность применять в исследовательской деятельности современный математический аппарат

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Пороговый уровень	Знает теоретические основы математического анализа, алгебры, дифференциальных уравнений	Испытывает трудности в определении понятий, принципов и методов	Недостаточно четко объясняет понятия, принципы, методы	Четко объясняет значение понятий, принципов и методов
	Умеет выполнять исследование функций, решать алгебраические и дифференциальные системы уравнений	Испытывает трудности в использовании основных методов анализа функций и решения алгебраических и дифференциальных систем уравнений	Не всегда корректно использует методы анализа функций и решает алгебраические и дифференциальные системы уравнений	Способен правильно использовать методы анализа функций и решать алгебраические и дифференциальные системы уравнений
	Владеет методами численного исследования математических моделей	Испытывает трудности при использовании методов	Недостаточно уверенно использует методы	Полностью владеет методами

ПК-5 Способность изменять при необходимости вид и характер своей профессиональной деятельности

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Пороговый уровень	Знает приложения математического аппарата к системам автоматического управления, социальным и экономическим системам	Испытывает трудности в приложении математического аппарата к системам автоматического управления, социальным и экономическим системам	Допускает неточности в приложении математического аппарата к системам автоматического управления, социальным и экономическим системам	Имеет целостное представление приложениях математического аппарата к системам автоматического управления, социальным и экономическим системам
	Умеет описывать производственные, социальные и экономические процессы корректными математическими моделями	Не всегда адекватно описывает производственные, социальные и экономические процессы математическими моделями	Допускает неточности в описании производственных, социальных и экономических процессов математическими моделями	Способен правильно описывать производственные, социальные и экономические процессы математическими моделями

Уро вни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
	Владеет навыками использования прикладного программного обеспечения для решения и оптимизации математических моделей	Испытывает трудности при использовании прикладного программного обеспечения для решения и оптимизации математических моделей	Недостаточно уверенно использует прикладное программное обеспечение для решения и оптимизации математических моделей	Четко и правильно использует прикладное программное обеспечение для решения и оптимизации математических моделей

ПК-8 Способность формировать суждения о значении и последствиях своей профессиональной деятельности с учетом социальных, профессиональных и этических позиций

Уро вни	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**»

Направление (специальность) 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Формы обучения очная

Курс 3 Семестр 5

Часов: всего 108, лекций 18, практ. зан. 36, СРС 54

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	
Учебно-методические издания		
Рабочая программа модуля с приложениями «Методы оптимизации» /Авт.-сост. А.В.Колногоров; НовГУ. – В.Новгород, 2013. – 17 с.	-	
5. Задача Лагранжа и принцип максимума Понтрягина: метод. указания / Авт.-сост.: А.В.Колногоров; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2003. – 27 с.	90	
5. 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	-	1

Действительно для учебного года _____/_____

Зав. кафедрой _____ А.В. Колногоров

_____ 20 г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:

должность

подпись

расшифровка