

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева»
АРЗАМАССКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ Глебов В.В.
« 02 » _____ июня 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.О.23 Исследование операций

(индекс и наименование дисциплины по учебному плану)

для подготовки бакалавров

Направление подготовки 01.03.04 Прикладная математика

(код и направление подготовки)

Направленность Математическое и программное обеспечение систем обработки информации

(наименование профиля, программы магистратуры)

и управления

Форма обучения очная

(очная, очно-заочная, заочная)

Год начала подготовки 2023

Объем дисциплины 72/2

(часов/з.е)

Промежуточная аттестация зачет

(экзамен, зачет с оценкой, зачет)

Выпускающая кафедра Прикладная математика

(наименование кафедры)

Кафедра-разработчик Прикладная математика

(наименование кафедры)

Разработчик(и): Зюзина Наиля Юрьевна

(ФИО, ученая степень, ученое звание)

г. Арзамас
2023 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 01.03.04 Прикладная математика, утвержденного приказом Минобрнауки России от 10 января 2018 № 11 на основании учебного плана, принятого Ученым советом АПИ НГТУ, протокол от 23.05.2023 г. № 5

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры-разработчика, протокол от 12.05.2023 № 2/1

Заведующий кафедрой _____ Пакшин П.В.
(подпись) (ФИО)

Рабочая программа рекомендована к утверждению УМК АПИ НГТУ,
протокол от 02.06.2023 г. № 6

Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Рабочая программа зарегистрирована в учебном отделе № 01.03.04 - 23

Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)

Оглавление

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)	4
1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	4
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	6
4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам	6
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам.....	6
5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	8
5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания	8
5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины	11
5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе	11
5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине	15
5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине	16
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	18
6.1 Основная литература	18
6.2 Дополнительная литература	18
6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям	18
7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	18
7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы	18
8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ	19
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ).....	19
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....	20
10.1 Общие методические рекомендации для студентов по освоению дисциплины, образовательные технологии	20
10.2 Методические указания для занятий лекционного типа	20
10.3 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях практического типа.....	21
10.4 Методические указания по самостоятельной работе студентов	21
10.5.Методические указания по обеспечению образовательного процесса	21

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1.1. Цель освоения дисциплины (модуля)

Целью изучения дисциплины «Исследование операций» является:

- формирование систематических знаний о современных методах исследования операций: основные понятиями и принципами исследования операций; методологию решения задач линейного, нелинейного, динамического программирования, с методами решения конечных игр, элементами теории массового обслуживания;
- получение навыков применения математического аппарата для описания конкретных ситуаций, требующих принятия оптимального решения.

Для достижения цели ставятся задачи:

- изучить современные тенденции развития, научные и прикладные достижения теории исследования операций; методы моделирования практических процессов;
- изучить основные аспекты математического моделирования; подходы к моделированию прикладных задач.

1.2. Задачи освоения дисциплины (модуля)

Задачи дисциплины «Исследование операций»:

- расширение систематизированных знаний в области прикладной математики для обеспечения возможности использовать знаний при решении образовательных и профессиональных задач;
- формирование опыта использования методов исследования операций в ходе решения практических задач и стимулирование исследовательской деятельности студентов в процессе освоения дисциплины.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Исследование операций» относится к обязательной части ОП ВО.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Линейная алгебра и аналитическая геометрия».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении следующих дисциплин «Основы моделирования в Matlab», «Численные методы», «Математическое моделирование», «Методы оптимизации», «Вычислительная математика» и при выполнении выпускной квалификационной работы.

Рабочая программа дисциплины «Исследование операций» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Процесс изучения дисциплины «Исследование операций» направлен на формирование элементов общепрофессиональной компетенции ОПК-1 в соответствии с ОП ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

Таблица 3.1 – Формирование компетенций дисциплинами

Код компетенции / наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры формирования дисциплины Компетенции берутся из УП по направлению подготовки бакалавра							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ОПК-1								
Математический анализ	✓	✓	✓					
Линейная алгебра и аналитическая геометрия	✓	✓						
Физика	✓	✓						
Исследование операций		✓						
Теория функций комплексного переменного				✓				
Теория вероятностей, математическая статистика и теория случайных процессов				✓				
Основы функционального анализа						✓		
Преддипломная практика								✓
Выполнение и защита ВКР								✓

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине «Исследование операций», соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП, представлен в табл. 3.2.

Таблица 3.2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине		
		Знать:	Уметь:	Владеть:
ОПК-1 Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике	ИОПК-1.2. Выбирает методы решения прикладных задач на основе знаний фундаментальной математики и естественнонаучных дисциплин.	Знать: - базовые понятия, основные методы и утверждения исследования операций.	Уметь: - решать типовые задачи по основным разделам курса, используя методы исследования операций. - применять методы исследования операций при решении типовых задач, при проведении исследований в других областях математики и физики, а также устанавливать взаимосвязь между основными разделами исследования операций и другими науками.	Владеть: -навыками создания математического аппарата для решения практических задачи - навыками представления и применения полученных результатов при решении практических задач.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

4.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зач. ед. или 72 часов, распределение часов по видам работ по семестрам представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам для студентов очной формы обучения

Вид учебной работы	Трудоемкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		2 семестр
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	72	72
1. Контактная работа:	36	36
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	32	32
занятия лекционного типа (Л)	16	16
занятия семинарского типа (ПЗ – семинары, практические занятия и др.)	16	16
лабораторные работы (ЛР)		
1.2. Внеаудиторная, в том числе	4	4
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	4	4
контактная работа на промежуточном контроле (КРА)		
2. Самостоятельная работа (СРС)	36	36
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	24	24
Подготовка к экзамену (контроль)*		
Подготовка к <u>зачету</u> / зачету с оценкой (контроль)	12	12

4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам, темам

Таблица 4.2 – Содержание дисциплины, структурированное по темам, для студентов очной формы обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы (час)				Вид СРС
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов	
		Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия		
2 семестр						
ОПК-1 ИОПК-1.2	Раздел 1. Введение в исследование операций					
	Тема 1.1. Введение в исследование операций. Тема 1.2. Примеры задач исследования операций и их математическая постановка.	2			2	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]
	Итого по 1 разделу	2			2	

Раздел 2. Линейное программирование					
Тема 2.1. Формы задач линейного программирования. Тема 2.2. Графический метод решения. Тема 2.3. Симплексный метод. Тема 2.4. Метод искусственного базиса. Тема 2.5. Двойственные задачи.	8			4	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]
Практическая работа №1. Графический метод Практическая работа №2. Симплексный метод. Практическая работа №3. Метод искусственного базиса. Практическая работа №4. Двойственные задачи			8	4	Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.3.1]
Итого по 2 разделу	8		8	8	
Раздел 3. Целочисленное и дробно-линейное программирование					
Тема 3.1. Целочисленные и частично целочисленные задачи линейного программирования. Тема 3.2. Дробно-линейное программирование.	2			2	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]
Практическая работа №5. Целочисленное программирование			2	2	Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.3.1]
Итого по 3 разделу	2		2	4	
Раздел 4. Транспортная задача.					
Тема 4.1. Классическая транспортная задача. Тема 4.2. Опорный план транспортной задачи и его построение. Тема 4.3. Метод потенциалов. Тема 4.4. Усложненные задачи транспортного типа.	4			3	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]
Практическая работа №6. Транспортная задача Практическая работа №7. Усложненные транспортные задачи			4	3	Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.3.1]
Итого по 4 разделу	4		4	6	
Раздел 5. Динамическое программирование и основы сетевого планирования и управления.					
Тема 5.1. Задачи динамического программирования. Тема 5.2. Сетевой график и правила его построения.	2			2	Подготовка к лекциям [6.1.1], [6.1.2], [6.1.3], [6.1.4]
Практическая работа №8. Транспортная задача. Сетевой график.			2	2	Подготовка к практическим занятиям [6.1.1], [6.1.2], [6.3.1]
Итого по 5 разделу	2		2	4	
Итого по дисциплине	16		16	24	

Используемые активные и интерактивные технологии приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 - Используемые активные и интерактивные образовательные технологии

Вид занятий	Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
Лекции	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии
Практические занятия	Технология развития критического мышления Дискуссионные технологии Тестовые технологии Технологии работы в малых группах Технология коллективной работы Информационно-коммуникационные технологии

5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Критерии оценивания результатов обучения и процедуры оценивания компетенций, формируемых в рамках данной дисциплины, приводятся в табл. 5.4.

Оценочные процедуры в рамках текущего контроля проводятся преподавателем дисциплины. На лекциях оценивается активность участия в дискуссионных обсуждениях. Лабораторные занятия проводятся в форме выполнения индивидуальных заданий. При выполнении индивидуального лабораторного задания преподавателем оценивается качество выполненного задания, срок его выполнения, качество и срок оформления отчета, ответы на вопросы преподавателя.

Самостоятельная работа включает подготовку к теоретическим вопросам дисциплины и отчетов по практическим занятиям, тестирование.

Тестирование проводится с использованием СДО MOODLE в рамках самостоятельной работы.

Тест содержит 10 тестовых вопросов (время на проведение тестирования 30 минут). На тест дается 2 попытки.

Студент допускается к промежуточной аттестации, если в результате изучения разделов дисциплины ответил верно на 70% вопросов тестов, выполнил контрольную работу и предоставил отчеты по всем практическим работам.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.1 –Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания		Форма контроля
			0 баллов	1 баллов	
ОПК-1 Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике	ИОПК-1.2. Выбирает методы решения прикладных задач на основе знаний фундаментальной математики и естественнонаучных дисциплин.	Знать: - базовые понятия, основные методы и утверждения исследования операций.	Теоретический материал не изучен или изучен частично. Верно выполнено менее 70% вопросов каждого теста.	Теоретический материал изучен. Верно выполнено 70% и более вопросов каждого теста.	Устное собеседование по вопросам Участие в групповых обсуждениях Тестирование по разделам дисциплины в СДО MOODLE
		Уметь: - решать типовые задачи по основным разделам курса, используя методы исследования операций. - применять методы исследования операций при решении типовых задач, при проведении исследований в других областях математики и физики, а также устанавливать взаимосвязь между основными разделами исследования операций и другими науками.	Практические задания не выполнены или выполнены частично.	Практические задания выполнены полностью.	Контроль выполнения практических заданий (см. табл. 4.2)
		Владеть: -навыками создания математического аппарата для решения практических задачи - навыками представления и применения полученных результатов при решении практических задач.	Практические задания выполнены некачественно и/или не в срок.	Практические задания выполнены качественно и в срок.	Контроль выполнения практических заданий (см. табл. 4.2)

Таблица 5.2 – Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации (зачет)

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора компетенции	Показатели контроля успеваемости	Критерии и шкала оценивания			Форма контроля
			0 баллов	1 балл	2 балла	
ОПК-1 Способен применять знание фундаментальной математики и естественно-научных дисциплин при решении задач в области естественных наук и инженерной практике	ИОПК-1.2. Выбирает методы решения прикладных задач на основе знаний фундаментальной математики и естественнонаучных дисциплин.	Знать: - базовые понятия, основные методы и утверждения исследования операций.	Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответ на теоретический вопрос билета
			Ответ на вопрос отсутствует	Представлен не полный ответ на вопрос	Представлен развернутый ответ на вопрос	Ответы на дополнительные вопросы
		Уметь: - решать типовые задачи по основным разделам курса, используя методы исследования операций. - применять методы исследования операций при решении типовых задач, при проведении исследований в других областях математики и физики, а также устанавливать взаимосвязь между основными разделами исследования операций и другими науками. Владеть: -навыками создания математического аппарата для решения практических задачи - навыками представления и применения полученных результатов при решении практических задач.	Задание не решено	Задание решено с ошибками	Задание решено верно	Решение задач билета

Таблица 5.3 – Соответствие набранных баллов и оценки за промежуточную аттестацию (зачет)

Баллы за текущую успеваемость*	Баллы за промежуточную аттестацию		Оценка
	Суммарное количество баллов**	Баллы за решение задач**	
0	0-1	0-1	«не зачтено»
1	1-2	1-2	«зачтено»

*) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.1.

**) количество баллов рассчитывается в соответствии с таблицей 5.2.

5.2. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины

5.2.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности в ходе

Типовые задания к практическим занятиям

Практические занятия раздела 1 по теме «Графический метод»

Примерные варианты типовых задач:

1. Решить графическим методом задачу с двумя переменными:

$$Z = 2x_1 + 3x_2 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} -2x_1 + x_2 \leq 2 \\ x_1 - 3x_2 \geq -9 \\ 4x_1 + 3x_2 \leq 24 \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

2. Решить графическим методом задачу с *n* переменными:

$$Z = 2x_1 + 10x_2 + 4x_3 + 2x_4 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 2x_3 - 2x_4 = 2 \\ -x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 3 \end{cases}$$

$$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, 3, 4$$

**Практические занятия раздела 2 по теме
«Элементы векторной алгебры»**

Примерные варианты типовых задач:

1. Решить транспортную задачу линейного программирования на пропускную способность:

	$x_{21} \leq 10,$		$x_{12} \geq 10$	
Потребности Запасы	40	20	10	20
40	7	6	5	11
20	3	4	2	2
10	9	10	3	15
10	1	5	1	3

2. Решить транспортную задачу по критерию минимума времени:

Потребности Запасы	200	200	200	200
200	8	7	6	5
100	7	6	5	7
200	4	5	6	7
300	5	7	6	4

Типовые тестовые задания

1. Решить линейную модель Графическим способом:

$$Z = 4x_1 + 6x_2 \rightarrow \min$$

$$3x_1 + x_2 \geq 9$$

$$x_1 + 2x_2 \leq 8$$

$$x_1 + 6x_2 \geq 12$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

A) $Z_{\min} = 330/17$

B) $Z_{\min} = 42/17$

C) $Z_{\min} = 27/17$

D) $Z_{\min} = 26$

E) $Z_{\min} = 22$

2. Выбрать правильный ответ на поставленный вопрос:

При $n > 3$ линейная модель оптимизации задача линейного программирования разрешима графическим способом, если выполняется следующее условие:

A) Задача должна содержать более 3-х ограничений

B) Ограничения задачи должны состоять только из уравнений

- С) Задача должна содержать n неизвестных и m линейно независимых уравнений и n и m должны быть связаны соотношением $n-m=2$
- Д) В задаче разность между числом переменных и количеством ограничений должна быть равна двум
- Е) В задаче разность между числом переменных и количеством ограничений должна быть равна двум, а среди ограничений хотя бы одно условие должно быть равенством

3. Выбрать правильную формулировку следующего определения:

Определение: Неотрицательные значения переменных $x_1, \dots, x_n \geq 0$, которые удовлетворяют условиям-ограничениям задачи, называются линейной модели оптимизации.

- А) Локальным решением
- В) Допустимым решением
- С) Опорным решением
- Д) Оптимальным решением
- Е) Глобальным решением

4. Выбрать правильный ответ среди нижеприведенных формулировок относительно свойств множества решений основной задачи линейного программирования:

- А) Многогранник решений основной задачи линейного программирования есть не выпуклое множество
- В) Многогранник решений основной задачи линейного программирования есть выпуклое множество
- С) В зависимости от характера ограничений задачи многогранник решений может быть выпуклым или не выпуклым
- Д) В задачах с 2-мя переменными многоугольник решений выпукло, а при $n > 2$ многогранник решений не выпукло
- Е) В зависимости от характера целевой функции многогранник решений может быть выпуклым и не выпуклым.

5. Напишите нижеприведенную линейную модель оптимизации в расширенном виде:

$$Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max$$

$$\sum_{j=1}^n c_{ij} x_j \leq b_i, \quad (i = 1, 2)$$

$$\sum_{j=1}^n c_{ij} x_j = b_i, \quad (i = 3, 4)$$

$$x_j \geq 0, \quad (j = 1, \dots, 4)$$

А) $Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + c_4 x_4 \rightarrow \max \square$

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \leq b_2 \\ a_{33}x_3 + a_{34}x_4 = b_3 \\ a_{43}x_3 + a_{44}x_4 = b_4 \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0$$

В) $Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + c_4 x_4 \rightarrow \max \square$

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 \leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + a_{24}x_4 \leq b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + a_{34}x_4 = b_3 \\ a_{41}x_1 + a_{42}x_2 + a_{43}x_3 + a_{44}x_4 = b_4 \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0$$

$$C) \begin{cases} a_{11}x_1 + a_{21}x_2 + a_{31}x_3 + a_{41}x_4 \leq b_1 \\ a_{11}x_1 + a_{22}x_2 + a_{32}x_3 + a_{42}x_4 \leq b_2 \\ a_{11}x_1 + a_{23}x_2 + a_{33}x_3 + a_{43}x_4 = b_3 \\ a_{11}x_1 + a_{24}x_2 + a_{34}x_3 + a_{44}x_4 = b_4 \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_4 \geq 0$$

$$D) \begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + a_{14}x_4 \leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + a_{24}x_4 \leq b_2 \\ a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + a_{34}x_4 = b_3 \\ a_{41}x_1 + a_{42}x_2 + a_{43}x_3 + a_{44}x_4 = b_4 \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

6. Выбрать правильный ответ среди нижеприведенных рассуждений относительно сравнительного анализа алгоритмов решений линейных моделей оптимизации для случая $Z \rightarrow \max$ и $Z \rightarrow \min$. Симплекс методом:

- A) Эти алгоритмы полностью совпадают
- B) Совпадают только 1-ые этапы этих алгоритмов
- C) Совпадают 1 и 2-ые этапы этих алгоритмов
- D) Совпадают только 3-ие этапы этих алгоритмов
- E) Ни один из этапов алгоритмов не совпадают

7. Составить двойственную модель нижеприведенной модели:

$$Z = -x_1 + 3x_2 - 4x_3 \rightarrow \max$$

$$\begin{cases} 2x_1 + 3x_2 - x_3 \leq 6 \\ x_1 + x_2 + 2x_3 \leq -2 \\ -4x_1 + 2x_2 \leq 32 \end{cases}$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0$$

$$A) Z = 6y_1 - 2y_2 + 32y_3 \rightarrow \min \square$$

$$\begin{cases} 2y_1 - 4y_2 + y_3 \geq -1 \\ 3y_1 + y_2 + 8y_3 \geq 3 \\ -y_1 + 2y_2 \geq -4 \end{cases}$$

$$y_1 \geq 0, y_2 \geq 0, y_3 \geq 0$$

$$B) Z = -y_1 + y_2 - 4y_3 \rightarrow \min \square$$

$$\begin{cases} 2y_1 + 3y_2 - y_3 \leq 6 \\ y_1 + y_2 + 2y_3 = -2 \\ -4y_1 + 8y_2 \leq 32 \end{cases}$$

$$y_1 \geq 0, y_2 \geq 0, y_3 \geq 0$$

$$C) Z = -6y_1 + 2y_2 - 32y_3 \rightarrow \max \square$$

$$\begin{cases} 2y_1 - 4y_2 + y_3 \geq 1 \\ 3y_1 + y_2 + 8y_3 \geq 3 \\ -y_1 + 2y_2 \geq 4 \end{cases}$$

$$y_1 \geq 0, y_2 \geq 0, y_3 \geq 0$$

$$D) Z = y_1 + y_2 - 4y_3 \rightarrow \max \square$$

$$\begin{cases} 2y_1 + 3y_2 - y_3 \geq 6 \\ 3y_1 + y_2 + 8y_3 \geq -2 \\ -y_1 + 2y_2 \geq -4 \end{cases}$$

$$y_1 \geq 0, y_2 \geq 0, y_3 \geq 0$$

8. Выбрать правильную формулировку следующего определения относительно экономической интерпретации двойственной модели: Если в исходной модели отыскивается оптимальный план выпуска продукции на предприятии, обеспечивающей ей максимальную прибыль, то в двойственной модели:

- A) Отыскивается оптимальный план доставки продукции потребителям
- B) Отыскиваются оптимальные двойственные оценки для единиц производственных ресурсов
- C) Отыскивается перечень тех продуктов, выпуск которых выгоден предприятию
- D) Отыскивается перечень тех производственных ресурсов, использование которых выгодно предприятию
- E) Отыскивается оптимальный план использования трудовых ресурсов предприятия

9. Составить начальный опорный план транспортной задачи способом минимального элемента и вычислить суммарные транспортные расходы:

Производители	Потребители		
	250	360	390
300	1	9	4
300	3	8	2
400	6	5	7

- A) $Z=3330$
- B) $Z=3230$
- C) $Z=3130$
- D) $Z=3030$
- E) $Z=3430$

10. Чем отличается постановка транспортной задачи с ограничениями на объем перевозок от классической транспортной задачи?

- A) Между постановками этих задач нет никаких различий
- B) В постановке транспортной задачи с ограничениями на объем перевозок перевозки по некоторым коммуникациям запрещены
- C) В постановке транспортной задачи с ограничениями на объем перевозок по некоторым коммуникациям ставятся нижние ограничения на время перевозки продукции
- D) В постановке транспортной задачи с ограничениями на объем перевозок по некоторым коммуникациям ставятся верхние ограничения на время перевозки продукции
- E) В постановке транспортной задачи с ограничениями на объем перевозок продукции ставятся верхние или нижние ограничения на объем перевозимой продукции

5.2.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине: зачет, проводится в устно-письменной форме по билетам, также учитываются результаты текущей успеваемости (тест, отчет по практическим занятиям, собеседование по теории на практических занятиях и лекциях).

Перечень вопросов для подготовки к зачету (ИОПК-1.2):

1. Исследование операций. Общие понятия
2. Задача о планировании производства.
3. Задача о диете.
4. Стандартная, каноническая и общая формы ЗЛП. Переход от одной формы к другой.
5. Графический метод решения задачи размерности 2.
6. Графический метод для задачи при $n-m=2$.
7. Полный перебор опорных решений, симплексный метод (метод простой итерации)
8. Методы введения искусственного базиса
9. Пары двойственных задач. Правила составления двойственных задач.
10. Первая теорема двойственности.
11. Вторая теорема двойственности.
12. Метод Гомори решения задач целочисленного программирования.
13. Метод ветвей и границ.
14. Графический метод решения задачи дробно-линейного программирования.
15. Симплексный метод решения задач дробно-линейного программирования.
16. Транспортная задача. Замкнутая и открытая транспортные задачи.
17. Метод северо-западного угла, метод минимальной стоимости (минимального тарифа).
18. Преобразование одного опорного плана в другой опорный план.
19. Оценка опорного плана.
20. Потенциалы поставщиков и потребителей.
21. Связь оценок свободных клеток с потенциалами.
22. Алгоритм метода потенциалов.
23. Транспортная задача с ограничениями на пропускную способность.
24. Транспортная задача в сетевой постановке.
25. Многошаговые процессы в динамических задачах.
26. Аддитивные и мультипликативные целевые функции.
27. Принцип оптимальности и рекуррентные соотношения Р.Беллмана.
28. Условно оптимальное управление. Алгоритм нахождения минимального пути на графе.
29. Расчет временных параметров сетевого графика.
30. Критический путь.

5.3. Процедура оценивания результатов обучения по дисциплине

Процедура оценивания формируемых в рамках дисциплины компетенций (элементов компетенций) состоит из следующих этапов:

1. Текущий контроль (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе текущей аттестации представлены в табл. 5.1, задания в п. 5.2.1).

2. Промежуточная аттестация (описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания на этапе промежуточной аттестации представлены в табл. 5.2, задания в п. 5.2.2).

Для всего перечня формируемых компетенций(элементов компетенций) дисциплины приводится процедура оценки результатов обучения (табл. 5.4).

Таблицы 5.4 – Процедура, критерии и методы оценивания результатов обучения

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов				Методы оценивания
	1 критерий – отсутствие усвоения «неудовлетворительно»	2 критерий – не полное усвоение «удовлетворительно»	3 критерий – хорошее усвоение «хорошо»	4 критерий – отличное усвоение «отлично»	
ОПК-1 ИОПК-1.2					
Знать: - базовые понятия, основные методы и утверждения исследования операций.	Отсутствие усвоения знаний	Недостаточно уверенно понимает и может объяснять полученные знания	На достаточно высоком уровне понимает и может объяснять полученные знания	Отлично понимает и может объяснять полученные знания, демонстрирует самостоятельную познавательную деятельность	Участие в обсуждении дискуссионных материалов на лекциях Тестирование Промежуточная аттестация
Уметь: - решать типовые задачи по основным разделам курса, используя методы исследования операций. - применять методы исследования операций при решении типовых задач, при проведении исследований в других областях математики и физики, а также устанавливать взаимосвязь между основными разделами исследования операций и другими науками.	Не демонстрирует умения	Не уверенно демонстрирует умения	Достаточно уверенно демонстрирует умения	Отлично демонстрирует умения	Выполнение ПЗ
Владеть: -навыками создания математического аппарата для решения практических задачи - навыками представления и применения полученных результатов при решении практических задач.	Не демонстрирует навыки	Не уверенно демонстрирует навыки	Достаточно уверенно демонстрирует навыки	Отлично демонстрирует самостоятельные навыки	Выполнение ПЗ

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Основная литература

6.1.1 И.К. Волков, Е.А. Загоруйко. Исследование операций. Под редакцией д-ра техн. наук, профессора В.С. Зарубина и д-ра физ.-мат. наук профессора А.П. Крищенко. – М. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002, 436с

6.1.2 Сборник задач по высшей математике для экономистов. Учебное пособие. Рекомендовано Министерством образования РФ. Под редакцией проф. В.И.Ермакова, М., ИНФРА-М, 2005, 575с.

6.1.3 Исследование операций в экономике: учебное пособие для бакалавров/ под.ред Н.Ш. Кремера. – 2-е изд., перераб. И доп. .— М.: Издательство Юрайт; ИД Юрайт, 2012.— 430 с.— Серия: Бакалавр. Углубленный курс.

6.2 Дополнительная литература

6.2.1 Костевич Л.С. Исследование операций. Теория игр [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Костевич Л.С., Лапко А.А.— Минск: Вышэйшая школа, 2008.— 368 с.— . – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/20076.html>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6.2.2 Сеславин А.И. Исследование операций и методы оптимизации [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Сеславин А.И., Сеславина Е.А.— М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015.— 200 с.— . – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: . – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL:<http://www.iprbookshop.ru/45261.html>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6.2.3 Лемешко Б.Ю. Теория игр и исследование операций [Электронный ресурс]: конспект лекций/ Лемешко Б.Ю.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 167 с.— . – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/45446.html>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6.2.4 Математические методы и модели исследования операций [Электронный ресурс]: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности 080116 «Математические методы в экономике» и другим экономическим специальностям/ В.А. Колемаев [и др.]— М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2015.— 592 с.— . – Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/40459.html>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.

6.3 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

6.3.1 Методические рекомендации по выполнению практических работ по дисциплине «Исследование операций». Рекомендованы заседанием кафедры «Прикладная математика» АПИ НГТУ, протокол № 4 от 29.04.2021г.

7. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля), включая электронные библиотечные и информационно-справочные системы

7.1.1 Электронно-библиотечная система издательства «IPRbooks». Режим доступа: www.iprbookshop.ru.

7.1.2 Электронно-библиотечная система издательства «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com>

8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 8.1 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования.

Таблица 8.1 – Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
ЭБС «IPRbooks»	Специальное мобильное приложение IPR BOOKS WV-Reader
ЭБС «Лань»	Синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине (модулю), оснащены оборудованием и техническими средствами обучения.

В таблице 9.1 перечислены:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;
- помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду АПИ НГТУ.

Таблица 9.1 – Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы студентов по дисциплине (модулю)

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы
210 - Учебная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Доска меловая, рабочее место преподавателя, 48 посадочных мест
212 - Учебная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Доска меловая, Стол для препод. (1 шт.), Посадочных мест - 64
218 - Учебная мультимедийная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	ПК(с подключением к интернету) базе Pentium 7500/2x1024Мб/500Gb/AD52; Проектор ACER X138 WH OLP3700Lm 20000:1 - 1 шт.; Экран д/проектора - 1 шт.; Акустическая система - 1 шт.; посадочных мест - 48; рабочее место преподавателя
228 - Учебная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Доска меловая, рабочее место преподавателя, посадочных мест -82
039 - Учебная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Доска аудиторная меловая; рабочее место преподавателя; 28 посадочных мест студентов
037 - Учебная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Доска меловая, стол преподавателя, 60 посадочных мест

Наименование аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий и помещений для проведения занятий и самостоятельной работы
320 - Учебная мультимедийная аудитория г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	Доска магнитно-маркерная; Мультимедийный проектор BENQ; Экран; Компьютеры PC Intel® Core™ i3-10100/256SSD/8RAM - 14 шт; Посадочных мест - 34
316 - Кабинет самоподготовки студентов г. Арзамас, ул. Калинина, дом 19	рабочих мест студента – 26 шт; ПК, с выходом на телевизор LG - 1 шт. ПК с подключением к интернету -5шт.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

10.1 Общие методические рекомендации для студентов по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа проводится в аудиторной и внеаудиторной форме, а также в электронной информационно-образовательной среде института (далее – ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При преподавании дисциплины используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

Весь лекционный материал курса, а также материалы для практических занятий находятся в свободном доступе в СДО MOODLE на странице курса по адресу: <https://sdo.api.nntu.ru/course/view.php?id=62> и могут быть проработаны студентами до чтения лекций в ходе самостоятельной работы. Это дает возможность обсудить материал со студентами во время чтения лекций, активировать их деятельность при освоении материала.

На лекциях и практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, дискуссионные технологии, технологии работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч со студентами, так и современных информационных технологий, таких как форум, чат, внутренняя электронная почта СДО MOODLE.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента.

Для оценки знаний, умений и уровня сформированности компетенции в процессе текущего контроля применяется система контроля и оценки успеваемости студентов, представленная в табл. 5.1. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с использованием системы контроля и оценки успеваемости студентов, представленной в табл. 5.2.

10.2 Методические указания для занятий лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов тематического плана. В ходе лекционных занятий раскрываются базовые вопросы в рамках каждой темы дисциплины. Обозначаются ключевые аспекты тем, а также делаются акценты на наиболее сложных и важных положениях изучаемого материала. Материалы лекций являются основой для подготовки обучающихся к практическим занятиям и выполнения заданий

самостоятельной работы, а также к мероприятиям текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине.

10.3 Методические указания по освоению дисциплины на занятиях практического типа

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы. Основной формой проведения практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров в аудиторных условиях.

Практические занятия обеспечивают:

- проверку и уточнение знаний, полученных на лекциях;
- развитие умений и навыков дискуссионного обсуждения вопросов по учебному материалу дисциплины, выработки собственной позиции по актуальным вопросам (проблемам);
- подведение итогов занятий (результаты тестирования, готовность отчетов по практическим занятиям, готовность домашних заданий, выполненных в ходе самостоятельной работы).

Приводятся методические указания для студентов по выполнению и оформлению практических работ.

10.4 Методические указания по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа обеспечивает подготовку обучающегося к аудиторным занятиям и мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по изучаемой дисциплине. Результаты этой подготовки проявляются в активности обучающегося на занятиях и в качестве выполненных практических заданий и других форм текущего контроля.

В процессе самостоятельной работы рекомендуется проработка материалов лекций по каждой пройденной теме, а также изучение основной учебной и справочно-библиографической литературы, представленной в разделе 6.

Для выполнения самостоятельной работы при изучении дисциплины студенты могут использовать специализированные аудитории (см. табл. 9.1), оборудование которых обеспечивает доступ через «Интернет» к электронной информационно-образовательной среде института и электронной библиотечной системе, где располагаются учебные и учебно-методические материалы, которые могут быть использованы для самостоятельной работы.

10.5 Методические указания по обеспечению образовательного процесса

1. Методические рекомендации по организации аудиторной работы. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_auditorii.PDF.

2. Методические рекомендации по организации и планированию самостоятельной работы студентов по дисциплине. Приняты Учебно-методическим советом НГТУ им. Р.Е. Алексеева, протокол № 2 от 22 апреля 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/metod_rekom_srs.PDF.

3. Учебное пособие «Проведение занятий с применением интерактивных форм и методов обучения», Ермакова Т.И., Ивашкин Е.Г., 2013 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/provedenie-zanyatij-s-primeneniem-interakt.pdf.

4. Учебное пособие «Организация аудиторной работы в образовательных организациях высшего образования», Ивашкин Е.Г., Жукова Л.П., 2014 г. Электронный адрес: https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/upravleniya/umu/docs/metod_docs_ngtu/organizaciya-auditornoj-raboty.pdf.

**Дополнения и изменения в рабочей программе дисциплины
на 20 ____/20 ____ уч. г.**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор института:

_____ Глебов В.В.

« ____ » _____ 20 ____ г.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

1)

2)

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений на данный учебный год

Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры, протокол от _____ № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) (ФИО)

Утверждено УМК АПИ НГТУ, протокол от _____ № _____

Зам. директора по УР _____ Шурыгин А.Ю.
(подпись)

Согласовано:

Начальник УО _____ Мельникова О.Ю.
(подпись)

(в случае, если изменения касаются литературы):

Заведующая отделом библиотеки _____ Старостина О.Н.
(подпись)