

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 03 » апреля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Исследование операций
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: бакалавриат
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 396 (11)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 27.03.03 Системный анализ и управление
(код и наименование направления)

Направленность: Информационные технологии и управление в
нефтегазопереработке и химической промышленности
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - формирование системы знаний основ и математического аппарата исследования операций, а также методов и моделей, используемых в системном анализе и управлении производственными процессами, необходимых для выполнения деятельности, предусмотренной профессиональными стандартами.

Задачи дисциплины

- изучение:
 - основных понятий, терминов и методологии исследования операций;
 - методов структуризации и формализации задач определения наилучших решений на основе применения математического аппарата исследования операций;
 - аналитических методов и методов математического программирования, применяемых в исследовании операций для решения задач планирования, проектирования и управления в технологиях предметной области профессиональной деятельности;
- формирование умения формализации решений на основе применения математических методов исследования операций;
- формирование навыков:
 - формальной постановки задач оптимизации при известных математических моделях;
 - аналитического решения задач и применения методов математического программирования и получения оптимального решения;
 - применения приложений пакетов «компьютерной математики» для получения решения задач исследования операций.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- понятия и определения исследования операций как научной дисциплины;
- формализация описания математическими моделями изучаемых производственных процессов и систем как объектов операционного исследования;
- математический аппарат теории систем массового обслуживания;
- методики построения СМО; алгоритмы расчета характеристик СМО, примеры построения конкретных СМО, как организационных систем обслуживания;
- постановка задач оптимизации процессов и производственных систем;
- критерии (целевые функции) в задачах оптимизации;
- аналитические методы и методы математического программирования решения задач оптимизации;
- методы декомпозиции и многокритериальной оптимизации организационных и технологических процессов и систем.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-1ПК-1.1	<p>Знает :</p> <ul style="list-style-type: none"> - характеристику задач исследования операций; стохастические задачи исследования операций, марковские случайные процессы; системы массового обслуживания (СМО), анализ систем; статистическое моделирование случайных процессов в исследовании операций (метод Монте-Карло); моделирование методом Монте-Карло систем массового обслуживания; - методы и модели оптимизации в задачах исследования операций; методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе; методы математического программирования в задачах оптимизации: линейное, целочисленное, нелинейное, квадратичное программирование; динамическое программирование и принцип максимума Л.С. Понтрягина; динамическое программирование в задачах оптимизации многостадийных процессов; задачи многоцелевой оптимизации. 	<p>Знает цели и задачи проводимых исследований и разработок; методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований; методы и средства планирования и организации исследований и разработок; методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации.</p>	Экзамен
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - осуществлять формализацию описания организационных систем массового обслуживания и технологических процессов и производств математическими 	<p>Умеет применять нормативную документацию в соответствующей области знаний; оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; применять методы</p>	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<p>моделями исследования операций (ИО);</p> <ul style="list-style-type: none"> - формулировать критерии оптимальности в задачах ИО; - выбирать методы решения задач оптимизации в ИО; - выбирать пакеты компьютерной математики для решения задач ИО; - интерпретировать результаты решения задач ИО. 	анализа научно-технической информации;	
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	<p>Владеет</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками формализации типовых задач исследования операций; - навыками применения аналитических методов и методов математического программирования для решения задач ИО с использованием пакетов «компьютерной математики»; - навыками анализа и интерпретации оптимальных решений. 	<p>Владеет навыками проведения маркетинговых исследований научно-технической информации; сбора, обработки, анализа и обобщения передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований; сбора, обработки, анализа и обобщения результатов экспериментов и исследований в соответствующей области знаний; подготовки предложений для составления планов и методических программ исследований и разработок, практических рекомендаций по исполнению их результатов; внедрения результатов исследований и разработок в соответствии с установленными полномочиями;</p>	Защита лабораторной работы
ПК-2.6	ИД-1ПК-2.6	<p>знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы и приемы формализации задач ИО; - содержание стандартов РФ, относящихся к созданию автоматизированных 	<p>Знает методы и приемы формализации задач; методики технико-экономического обоснования и расчета экономического эффекта от использования</p>	Контрольная работа

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<p>систем (АСУП), требования к содержанию технических заданий на создание АСУП в частях: математическое, программное и информационное виды обеспечения решения в АСУП задач СМО и оптимизации ТП;</p> <p>- прикладные компьютерные программы для моделирования и вычислений, связанных с задачами СМО и оптимизации ТП, имеющиеся в организации, их наименование, возможности и порядок работы в них;</p> <p>- виды, состав и методы испытаний АС в частях математического, программного и информационного видов обеспечения решения задач СМО и оптимизации ТП; общие требования к приемо-сдаточным испытаниям, согласование и утверждение приемо-сдаточной документации;</p>	<p>оригинальных компонентов АСУП; прикладные компьютерные программы для вычислений: наименования, возможности и порядок работы в них; законодательство Российской Федерации, регламенты и стандарты в предметной области компонентов АСУП; порядок разработки, согласования и принятия АСУП; порядок разработки, оформления, утверждения и внедрения технических документов; требования к техническому обеспечению компонентов АСУП; требования к математическому обеспечению компонентов АСУП; требования к программному обеспечению компонентов АСУП; требования к лингвистическому обеспечению компонентов АСУП; требования к эргономическому обеспечению компонентов АСУП; прикладные программы управления проектами: наименования, возможности и порядок работы в них; правила приемки и сдачи выполненных работ; порядок организации документооборота в организации; трудовое законодательство Российской Федерации в области оплаты труда, режима труда и отдыха; требования охраны труда, пожарной, промышленной, экологической безопасности и</p>	

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			электробезопасности.	
ПК-2.6	ИД-2ПК-2.6	<p>Умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> - выбирать и использовать прикладные компьютерные программы для моделирования и вычислений, связанных с решением задач разработки СМО и оптимизации ТП; - определять методы и средства для проверки математического, программного и информационного видов обеспечения для решения в АСУП задач ИО; 	<p>Умеет использовать прикладные компьютерные программы для расчета технико-экономического обоснования эффективности внедрения и бюджета затрат на разработку и внедрение оригинальных компонентов АСУП; использовать текстовые редакторы (процессоры) для оформления заданий на проектирование и разработки программы приемо-сдаточных испытаний оригинальных компонентов АСУП; определять требования к исполнителям и их количество для внедрения оригинальных компонентов АСУП; использовать прикладные программы управления проектами для разработки плана внедрения оригинальных компонентов АСУП; определять методы и средства для проверки оригинальных компонентов АСУП; использовать данные регламентного и управленческого учета для расчетов экономической эффективности внедрения оригинальных компонентов АСУП.</p>	Отчёт по практическому занятию
ПК-2.6	ИД-3ПК-2.6	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками разработки заданий на проектирование математического, программного и информационного видов обеспечения для решения в АСУП задач ИО. 	<p>Владеет навыками определения целей и задач при проектировании оригинальных компонентов АСУП; разработки технико-экономического обоснования эффективности оригинальных</p>	Защита лабораторной работы

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			<p>компонентов АСУП; разработки заданий на проектирование технического обеспечения компонентов АСУП; разработки заданий на проектирование математического обеспечения компонентов АСУП; разработки заданий на проектирование программного обеспечения компонентов АСУП; разработки заданий на проектирование лингвистического обеспечения компонентов АСУП; разработки заданий на проектирование эргономического обеспечения компонентов АСУП; разработки плана мероприятий по внедрению оригинальных компонентов АСУП; разработки программы приемо-сдаточных испытаний оригинальных компонентов АСУП; расчета бюджета затрат на разработку и внедрение оригинальных компонентов АСУП.</p>	

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	7
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	148	58	90
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	64	28	36
- лабораторные работы (ЛР)	50	14	36
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	30	14	16
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	176	86	90
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	72	36	36
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	396	180	216

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
6-й семестр				
Характеристика задач исследования операций	4	0	0	8
Тема 1. Введение в исследование операций (ИО). Основные понятия, особенности и принципы ИО. Характеристика этапов операционного исследования. Задачи принятия решений (ЗПР). Люди и их роли в принятии решений. Обзор разделов комплекса ГОСТ Р "Информационные технологии" по математическому и программному видам обеспечения АС в частях, относящихся к решению задач ИО.				
Тема 2. Модели исследования операций. Субъективные и объективные модели в ЗПР. Исследование операций (ИО) – научная дисциплина о принятии решений при объективных моделях. Предмет, метод и инструменты исследования операций. Классы операционных задач, характеристика основных классов.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Стохастические задачи исследования операций. Марковские случайные процессы.	6	4	4	20
Тема 3. Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем. Понятие о марковском процессе в системе, настоящее, прошлое и будущее состояний системы. Системный анализ процессов с дискретными состояниями и непрерывным временем, графы состояний. Тема 4. Потоки событий, их характеристики. Потоки событий в системе, интенсивность потока событий. Регулярность, стационарность, ординарность и отсутствие последствия в потоке события, простейший (пуассоновский) поток событий. Показательное распределение интервалов времени между событиями, математическое ожидание, среднее квадратичное отклонение и коэффициент вариации распределения. Элемент вероятности для потока событий, поток Пальма (рекуррентный), поток Эрланга. Тема 5. Уравнения Колмогорова для процессов с дискретными состояниями и непрерывным временем. Составление математического описания марковских процессов по размеченному графу состояний. Дифференциальные уравнения Колмогорова для вероятностей состояний системы, финальные вероятности состояний.				
Системы массового обслуживания. Анализ систем.	10	4	2	22
Тема 6. Понятия, определения, задачи теории массового обслуживания. Системы массового обслуживания (СМО), классификация СМО. Понятия потока заявок, каналов обслуживания, потока обслуживаний в СМО. Задачи расчета характеристик и оптимизации СМО. Тема 7. Математические модели СМО на основе схемы «гибели и размножения». Методики составления математического описаний СМО на основе схемы «гибели и размножения». Размеченный граф состояний и уравнения Колмогорова для схемы «гибели и размножения». Формулы Литтла для времени пребывания заявок в СМО и в очереди. Тема 8. Простейшие системы массового обслуживания.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>n-канальная СМО и её характеристики, формула Эрланга. Одноканальная СМО с неограниченной очередью, её характеристики. n-канальная СМО с неограниченной очередью, её характеристики. Одноканальная СМО с ограниченной очередью, её характеристики.</p> <p>Тема 9. Немарковские СМО. Непуассоновские потоки событий, особенности немарковской теории массового обслуживания. n-канальная СМО с отказами, с простейшим потоком заявок и произвольным временем обслуживания. Одноканальная СМО с неограниченной очередью, простейшим потоком заявок и произвольным распределением времени обслуживания. Одноканальная СМО с произвольным потоком заявок и произвольным распределением времени обслуживания.</p>				
Примеры построения систем массового обслуживания.	4	6	6	24
<p>Тема 10. Телефонная линия как система массового обслуживания. Постановка задачи для случая одноканальной СМО с отказами, исходные данные. Расчет характеристик СМО.</p> <p>Тема 11. Планирование численности дежурного персонала, обслуживающего АСУТП с отказами. Постановка задачи для случая n-канальной СМО, исходные данные. Расчет характеристик СМО.</p> <p>Тема 12. Железнодорожная сливо-наливная эстакада нефтеперерабатывающего завода со штрафованием за пребывание на внешних путях. Постановка задачи для случая одноканальной СМО с очередью. Расчет характеристик СМО.</p>				
Статистическое моделирование случайных процессов в исследовании операций (метод Монте-Карло).	4	0	2	12
<p>Тема 13. Стохастические системы и возможности их компьютерного моделирования. Идея, назначение, общая характеристика и область применения метода статистического моделирования.</p> <p>Тема 14. Единичный жребий и формы его организации. Формы организации единичного жребия. Получение последовательностей случайных чисел с заданным законом распределения.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Тема 15. Моделирование методом Монте-Карло систем массового обслуживания. Определение характеристик стационарного случайного процесса по одной реализации, пример моделирования работы немарковской СМО (n-канальной СМО).				
ИТОГО по 6-му семестру	28	14	14	86
7-й семестр				
Методы и модели оптимизации в задачах исследования операций.	6	4	2	14
Тема 1. Задачи оптимизации в принятии решений. Объективные модели реальности при принятии решений. Многокритериальность ЗПР – задач оптимизации. Многокритериальная модель задачи оптимизации. Примеры постановки задач оптимизации в химической технологии. Тема 2. Модели технологических процессов в задачах оптимизации. Классификация параметров ХТП как объектов оптимизации. Математические модели связи параметров ХТП. Математическая постановка задачи однокритериальной оптимизации. Графическая интерпретация задачи оптимизации (целевой функции и ограничений). Классификация группы методов оптимизации. Тема 3. Критерии оптимальности (целевые функции) в задачах оптимизации. Виды критериев оптимальности. Техно-экономические критерии. Критерии для многостадийных процессов. Критерий оптимальности в виде алгебраической функции. Критерий оптимальности и ограничения в виде линейной функции от управлений. Критерий оптимальности в виде функционала.				
Методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе	6	8	2	16
Тема 4. Методы однокритериальной оптимизации в задачах безусловной оптимизации. Необходимые условия существования экстремума функции многих переменных. Достаточные условия существования экстремума функции многих переменных, метод определителей Сильвестра. Примеры задач безусловной оптимизации. Тема 5. Задачи условной оптимизации. Задачи условной оптимизации. Виды ограничений. Графическая интерпретация задач. Кодирование				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
(нормировка) переменных. Задачи на условный экстремум, теорема Куна-Таккера. Метод неопределенных множителей Лагранжа (МНЛ), как частный случай (следствие) теоремы Куна-Таккера. Примеры использования метода (проектирование оптимальной цилиндрической емкости, распределение потока сырья между параллельно работающими аппаратами).				
Методы математического программирования в задачах оптимизации.	12	16	8	36
<p>Тема 6. Линейное программирование. Линейное программирование (ЛП). Постановка задачи линейного программирования. Преобразование ограничений. Графическое представление задачи ЛП. Симплекс-метод решения задачи ЛП. Метод искусственного базиса. Первое базисное решение. Пример задачи ЛП (оптимальная организация продукции при ограниченных запасах сырья). Целочисленное программирование. Методы решения задач целочисленного программирования: метод ограничения, метод отсекающих плоскостей Гомори, метод ветвей и границ.</p> <p>Тема 7. Нелинейное программирование. Нелинейное программирование (НЛП). Постановка задачи НЛП: целевая функция (критерий), ограничения, графическая интерпретация задачи НЛП. Особые линии и точки целевой функции. Классификация методов НЛП. Безградиентные методы поиска экстремума функций многих переменных: алгоритмы методов сканирования, поочередного изменения переменных Гаусса-Зейделя), случайного поиска, деформируемого многогранника (симплексный метод). Производная целевой функции по направлению, градиент целевой функции. Градиентные методы поиска экстремума функции многих переменных: градиента, релаксаций, наискорейшего спуска». Генетические алгоритмы нелинейного программирования. Метод «штрафов» в поиске условного экстремума функций многих переменных с ограничениями в форме равенств и неравенств. «Овраги» целевой функции. «Овражный» метод поиска экстремума.</p> <p>Тема 8. Методы оптимизации функций одной переменной. Методы оптимизации с критерием в виде функции одной переменной: сканирования; локализации экстремума; «золотого сечения»; чисел Фибоначчи</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
и др. Глобальный и частный экстремумы функции одной переменной.				
Динамическое программирование и принцип максимуму Л.С. Понтрягина	5	4	2	12
<p>Тема 9. Принцип максимума в задачах оптимизации химико-технологических процессов.</p> <p>Принцип максимума (ПМ). Понятия: фазовое пространство, фазовая траектория, пространство управлений, модели динамики систем в форме уравнений пространства и состояний.</p> <p>Динамическое программирование (ДнП) для процессов с непрерывно-распределенными параметрами. Задача «о быстродействии», формулировка задачи оптимизации. Условие оптимальности Беллмана для процессов с распределенными координатами. Формулировка принципа оптимальности на примере задачи «о быстродействии», «условие 3» для целевой функции - времени, сопряженная система уравнений, необходимое условие оптимальности.</p> <p>Функция Гамильтона, условие оптимальности в принципе максимума. Доказательство постоянства функции Гамильтона на оптимальной траектории.</p> <p>Принцип максимума для задач с критерием оптимальности, заданным в виде функционала.</p> <p>Общая схема решения оптимальных задач с помощью принципа максимума. Задание начальных (граничных) условий для оптимальных задач 3-х типов. Примеры задач.</p> <p>Тема 10. Дискретное динамическое программирование.</p> <p>Динамическое программирование в задачах оптимизации многостадийных процессов.</p> <p>Комбинаторные задачи. Принцип оптимальности Беллмана для дискретных процессов.</p> <p>Математическая формулировка принципа оптимальности. Общая схема решения задач методом динамического программирования. Примеры задач.</p>				
Методы декомпозиции и многокритериальной оптимизации задач управления сложными химико-технологическими системами.	7	4	2	12
<p>Тема 11. Задачи многоцелевой оптимизации.</p> <p>Задачи многоцелевой оптимизации, критерии оптимальности, методы решения. Компромиссные решения, основные понятия и определения многоцелевой оптимизации. Пространство управляющих переменных и пространство критериев.</p> <p>Классы задач многоцелевой оптимизации: с</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>множеством качеств; с множеством объектов; с множеством условий функционирования системы; с векторной оптимизацией в условиях неопределенности некоторых оптимизирующих переменных. Задачи статической и динамической многоцелевой оптимизации. Критерии оптимальности в задачах векторной оптимизации. Математическая формулировка задач многоцелевой оптимизации. Схемы компромиссов между многими критериями при выборе решения. Методы решения задач многоцелевой оптимизации при объективных моделях (хорошо структуризованных). Метод, основанный на использовании неопределенных множителей Лагранжа. Многоцелевое линейное программирование.</p> <p>Тема 12. Методы декомпозиции общей задачи оптимизации сложной химико-технологической системы. Метод явной декомпозиции. Общая схема решения задач методом явной декомпозиции, алгоритм метода. Метод неявной декомпозиции. Общая схема решения задач методом неявной декомпозиции. Алгоритм метода.</p>				
ИТОГО по 7-му семестру	36	36	16	90
ИТОГО по дисциплине	64	50	30	176

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Марковские случайные процессы с дискретными состояниями и непрерывным временем (МСП), потоки событий и состояния системы, составление размеченных графов состояний систем с МСП.
2	Математические модели МСП. Составление уравнений Колмогорова по размеченным графам систем.
3	Стационарные режимы функционирования систем с МСП. Вычисление финальных вероятностей систем с МСП.
4	Потоки требований (событий) и их свойства. Потоки Пальма. Потоки Эрланга. Закон распределения времени обслуживания. Операции с потоками требований.
5	Анализ систем массового обслуживания. Марковские процессы гибели и размножения с непрерывным временем. Составление схем гибели и размножения для систем с МСП по их описанию, модели систем массового обслуживания (СМО).
6	Характеристики эффективности СМО. Примеры вычисления характеристик.

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
7	Статистическое моделирование случайных процессов (метод Монте-Карло). Моделирование методом Монте-Карло работы немарковской одноканальной СМО с очередью, вычисление характеристик стационарного случайного процесса и эффективности СМО по одной реализации.
8	Разбор примеров известных СМО.
9	Формулирование задач многокритериальной оптимизации (на примерах параметрической оптимизации типовых САР, оптимизации технологических процессов по технико-экономическим критериям).
10	Математическое формулирование целевых функций (критериев оптимальности) и ограничений для однокритериальных задач в виде: алгебраических функций, функционала, линейной функции от управления.
11	Методика аналитического решения задач безусловной оптимизации с нелинейной целевой функцией многих переменных (на примерах).
12	Методика решения задач условной оптимизации с ограничениями в виде равенств методом неопределенных множителей Лагранжа (на примерах).
13	Методика решения задач линейного программирования симплекс-методом (на примере задачи оптимальной организации производства продукции при ограниченных запасах сырья).
14	Алгоритм метода случайного поиска экстремума (на примерах функции двух переменных).
15	Алгоритм метода поочередного изменения переменных (Гаусса-Зейделя) поиска экстремума (на примерах функции двух переменных).
16	Алгоритм Нелдера-Мида (симплексного метода) поиска экстремума (на примерах функции двух переменных).
17	Алгоритм градиентного метода поиска экстремума (на примерах функции двух переменных).
18	Алгоритмы поиска экстремума целевых функций одной переменной (локализация экстремума "золотого сечения", чисел Фибоначчи).
19	Алгоритм (общая схема) решения задач оптимизации многостадийных процессов методом дискретного динамического программирования.
20	Алгоритм (общая схема) решения оптимальных задач с помощью принципа максимума Л.С. Понтрягина (на примерах).
21	Преобразование частных критериев оптимальности в задачах векторной (многокритериальной) оптимизации.

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Моделирование простейшего (пуассоновского) потока требований (событий).
2	Суммирование простейших потоков требований.
3	Исследование системы массового обслуживания с отказами.
4	Моделирование реального процесса обслуживания СМО с отказами.
5	Исследование n-канальной СМО с ожиданием.
6	Моделирование реального процесса обслуживания СМО с неограниченной очередью.

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
7	Поиск экстремума нелинейной функции одной переменной с использованием программы компьютерной математики.
8	Решение задачи линейного программирования с целевой функцией трех переменных и четырьмя ограничениями в форме неравенств. Проверка решения с использованием прикладного пакета системы компьютерной математики.
9	Исследование поверхности квадратичной целевой функции двух переменных с построением изолиний её значений и ограничений.
10	Решение задачи безусловной оптимизации с целевой нелинейной функцией двух переменных аналитическим методом с проверкой результата с использованием прикладного пакета системы компьютерной математики.
11	Решение задачи на условный экстремум целевой квадратичной функции двух переменных с одним ограничением в форме равенства аналитически методом неопределенных множителей Лагранжа с проверкой результата с использованием прикладного пакета системы компьютерной математики.
12	Решение задачи на условный экстремум целевой квадратичной функции двух переменных с ограничениями в форме равенств и неравенств с использованием прикладного пакета системы компьютерной математики.
13	Решение задачи безусловной оптимизации «штрафной» функции, составленной для условий лабораторной работы № 11 с использованием прикладного пакета системы компьютерной математики.
14	Решение задач оптимизации многостадийного процесса методом дискретного динамического программирования с использованием прикладного пакета системы компьютерной математики.
15	Решение задачи векторной (многокритериальной) оптимизации с получением маргинальных решений.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология : учебное пособие для вузов. 4-е изд., стер. Москва : Высш. шк., 2007. 208 с.	9
2	Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов. М. : Академкнига, 2008. 415 с.	24
3	Гольдштейн А. Л. Теория принятия решений. Задачи и методы исследования операций и принятия решений : учебное пособие для вузов. 2-е изд., испр. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2009. 360 с.	108
4	Ивченко Г. И., Каштанов В. А., Коваленко И. Н. Теория массового обслуживания : учебное пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. Москва : Либроком, 2012. 296 с. 19 усл. печ. л.	12
5	Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах : учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : Логос, 2008. 391 с. 24,5 усл. печ. л.	15
6	Методы классической и современной теории автоматического управления. Теория оптимизации систем автоматического управления / Пупков К. А., Егупов Н. Д., Баркин А. И., Тимин В. Н. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. 741 с.	16
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Балакирев В. С., Володин В. М., Цирлин А. М. Оптимальное управление процессами химической технологии (экстремальные задачи в АСУ). М. : Химия, 1978. 383 с.	7
2	Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Химия, 1975. 575 с.	13
3	Вентцель Е. С., Овчаров Л. А. Прикладные задачи теории вероятностей. Москва : Радио и связь, 1983. 415 с.	17

4	Волков И. К., Загоруйко Е. А. Исследование операций : учебник для вузов. 3-е изд., стер. Москва : Изд-во МГТУ, 2004. 435 с.	15
5	Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация : пер. с англ. Москва : Мир, 1985. 509 с.	26
6	Клейнрок Л. Теория массового обслуживания : пер. с англ. Москва : Машиностроение, 1979. 432 с.	3
7	Морозов В. В., Сухарев А. Г., Федоров В. В. Исследование операций в задачах и упражнениях : учебное пособие для вузов. 3-е изд. Москва : Либроком, 2013. 287 с. 18,0 усл. печ. л.	3
8	Таха Х. А. Введение в исследование операций : пер. с англ. 7-е изд. Москва [и др.] : Вильямс, 2005. 901 с.	16
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Гольдштейн А. Л. Теория принятия решений. Задачи и методы исследования операций и принятия решений : учебное пособие для вузов / А. Л. Гольдштейн. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2009.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2921	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Есипов, Б. А. Методы исследования операций : учебное пособие / Б. А. Есипов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 304 с. —	https://e.lanbook.com/book/212204	локальная сеть; авторизованный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

Вид ПО	Наименование ПО
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Проектор, экран настенный, маркерная доска, компьютерные столы (10 шт.), персональные компьютеры (10 шт.)	1
Лекция	Доска, парты, стол преподавателя	1
Практическое занятие	Проектор, экран настенный, маркерная доска, компьютерные столы (10 шт.), персональные компьютеры (10 шт.)	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Исследование операций»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	27.03.03 Системный анализ и управление
Направленность (профиль) образовательной программы:	Информационные технологии и управление в нефтегазопереработке и химической промышленности
Квалификация выпускника:	бакалавр
Выпускающая кафедра:	Оборудование и автоматизация химических производств
Форма обучения:	очная

Курс: 3,4 **Семестр(ы):** 6,7

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 11 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану: 396 ч

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 6, 7 семестры

Пермь 2023 г.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно рабочей программы дисциплины (РПД) освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (6-го и 7-го семестров учебного плана). В каждом семестре предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (таблица 1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении заданий на практических занятиях, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВЫ)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный			Итоговый экзамен
	С	ТО	ОЛР	КР	ОПЗ	
Усвоенные знания						
3.1 знать характеристику задач исследования операций;	+			+		ТВ
3.2 знать стохастические задачи исследования операций, марковские случайные процессы;	+			+		ТВ
3.3 знать системы массового обслуживания (СМО), анализ систем;		+		+		ТВ
3.4 знать статистическое моделирование случайных процессов в исследовании операций (метод Монте-Карло);		+		+		ТВ
3.5 знать моделирование методом Монте-Карло систем массового обслуживания;				+		ТВ
3.6 знать методы и модели оптимизации в задачах исследования операций;				+		ТВ
3.7 знать методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе;				+		ТВ
3.8 знать методы математического программирования в задачах оптимизации: линейное, целочисленное, нелинейное, квадратичное программирование;				+		ТВ
3.9 знать динамическое программирование и принцип максимума Л.С. Понтрягина;				+		ТВ
3.10 знать динамическое программирование в задачах оптимизации многостадийных процессов; задачи многоцелевой оптимизации.				+		ТВ
3.11 Знать методы и приемы формализации задач ИО;				+		ТВ
3.12 знать содержание стандартов РФ, относящихся к созданию автоматизированных систем (АСУП),	+					

требования к содержанию технических заданий на создание АСУП в частях: математическое, программное и информационное виды обеспечения решения в АСУП задач СМО и оптимизации ТП;						
З.13 знать прикладные компьютерные программы для моделирования и вычислений, связанных с задачами СМО и оптимизации ТП, имеющиеся в организации, их наименование, возможности и порядок работы в них;	+					
З.14 знать виды, состав и методы испытаний АС в частях математического, программного и информационного видов обеспечения решения задач СМО и оптимизации ТП; общие требования к приемосдаточным испытаниям, согласование и утверждение приемосдаточной документации;	+					
Освоенные умения						
У.1 уметь осуществлять формализацию описания технологических процессов и производств математическими моделями исследования операций (ИО);			+	+	+	ПЗ
У.2 уметь формулировать критерии оптимальности в задачах ИО;			+	+	+	ПЗ
У.3 уметь выбирать методы решения задач оптимизации в ИО;			+	+	+	ПЗ
У.4 уметь выбирать пакеты компьютерной математики для решения задач ИО;			+		+	ПЗ
У.5 уметь интерпретировать результаты решения задач ИО;			+	+	+	ПЗ
У.6 уметь выбирать и использовать прикладные компьютерные программы для моделирования и вычислений, связанных с решением задач разработки СМО и оптимизации ТП;			+	+	+	ПЗ
У.7 уметь определять методы и средства для проверки математического, программного и информационного видов обеспечения для решения в АСУП задач ИО;			+		+	
Приобретенные владения						
В.1 владеть навыками формализации типовых задач исследования операций;					+	ПЗ
В.2 владеть навыками применения аналитических методов и методов математического программирования для решения задач ИО с использованием пакетов «компьютерной математики»;					+	ПЗ
В.3 владеть навыками анализа и интерпретации оптимальных решений.					+	ПЗ
В.4 владеть навыками разработки заданий на проектирование математического, программного и информационного видов обеспечения для решения в АСУП задач ИО.					+	

С – собеседование по теме; ТО – теоретический опрос; ОЛР – отчет по лабораторной работе; ОПЗ – отчет по практическому занятию; Т/КР – рубежное тестирование/контрольная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация по дисциплине в виде экзамена в 6-м и 7-м семестрах, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;
- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;
- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланчного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;
- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала проводится по каждой теме в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов. Результаты по 4-х балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (таблица 1) проводится в форме выполнения и защиты лабораторных работ, отчетов по практическим занятиям и рубежных контрольных работ (после изучения разделов учебной дисциплины).

2.2.1. Выполнение и защита лабораторных работ

Всего запланировано 6 лабораторных работ – в 6-м семестре и 7 лабораторных работ – в 7-м семестре. Темы лабораторных работ приведены в РПД. Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом.

Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано две рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных модулей дисциплины в 6-м семестре и три рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных модулей дисциплины в 7-м семестре.

Некоторые типовые вопросы к контрольным работам приведены ниже.

6 семестр:

Типовые вопросы к КР 1:

1. Исследование операций, этапы решения задач исследования операций (ИО).
2. Понятие системы массового обслуживания (СМО), модели СМО.
3. Марковские процессы. Понятие о марковском процессе, марковские случайные процессы (МСП) с дискретными состояниями и непрерывным временем, граф состояний.
4. МСП. Простейший поток событий, понятия «стационарность», «отсутствие последствий», «ординарность» для потока событий.
5. Методические приемы построения математических моделей СМО, схема «гибели и размножения», финальные вероятности для схемы.
6. СМО. Формулы Литтла.
7. Размеченный граф состояний.
8. Системы массового обслуживания (СМО). Основы теории массового обслуживания (ТМО), понятия, определения, задачи СМО, предмет и метод ТМО.
9. Типы (классы) СМО по некоторым признакам.

Типовые вопросы к КР 2:

1. Методические приемы построения математических моделей СМО, схема «гибели и размножения», финальные вероятности для схемы.
2. n-канальная СМО с отказами. Соотношения для вычисления финальных вероятностей состояний, вычисление характеристик n-канальной СМО, пример вычислений.
3. Простейшие СМО. Пример n-канальной СМО с отказами (задача Эрланга).
4. Простейшие СМО. Одноканальная СМО с неограниченной очередью.
5. Простейшие СМО. n-канальная СМО с неограниченной очередью.
6. Статистическое моделирование случайных процессов (метод Монте-Карло). Идея, области применения метода, его основные роли в задачах исследования операций.
7. Единичный жребий, понятие. Четыре вопроса, на которые отвечает «единичный жребий» (опыт).
8. Определение характеристик стационарного случайного процесса по одной реализации.
9. Моделирование методом Монте-Карло систем массового обслуживания.

7 семестр:

Типовые вопросы к КР 1:

1. Оптимизация. Основные понятия и определения: этапы решения задач оптимизации в принятии решений, критерий оптимальности, управления, многокритериальные и однокритериальные задачи.
2. Классификация переменных ХТП как объекта оптимизации.
3. Математические модели в задачах оптимизации.
4. Критерии эффективности ХТП (ХТС), обобщенный критерий оптимальности и его составляющие (экономические).
5. Критерий оптимальности в виде функционала.

Типовые вопросы к КР 2:

1. Критерий оптимальности и ограничения в виде линейных функций от управлений. Линейное программирование (ЛП), постановка задачи ЛП.

2. ЛП. Математическая формулировка задачи ЛП, переход от ограничений в форме неравенств к равенствам.
3. ЛП Решение задач ЛП симплекс-методом Данцига, базисные и свободные переменные.
4. ЛП. Первое базисное решение, метод искусственного базиса (случай 1).
5. Методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе. Безусловный экстремум. Необходимые условия существования экстремума функции многих переменных.
6. Достаточные условия существования экстремума функции многих переменных, метод определителей Сильвестра.
7. Метод неопределенных множителей Лагранжа, необходимые условия условного экстремума. Пример проектирования цилиндрического аппарата заданного объема с минимальной площадью поверхности.
8. Оптимальное распределение материального потока на параллельно работающие аппараты.

Типовые вопросы к КР 3:

1. Нелинейное программирование (НЛП), постановка задачи оптимизации, нормирование переменных.
2. НЛП. Классификация поисковых методов оптимизации, глобальный оптимум, седловая точка.
3. НЛП. Симплексный метод оптимизации (Метод деформируемого многогранника, идея метода, графическая иллюстрация).
4. НЛП. Алгоритм симплексного метода.
5. НЛП. Методы случайного поиска, случайный вектор, выбор случайной точки в заданной области пространства переменных.
6. НЛП. Градиентные методы оптимизации, понятие производной по направлению, понятие градиента функции, идея градиентных методов.
7. Динамическое программирование в задачах оптимизации многостадийных процессов.

Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.3. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешное выполнение всех лабораторных и практических работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена в 6-м и 7-м семестрах по дисциплине письменно или устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний и практические задания (ПЗ) для контроля усвоенных умений и приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине (6 семестр):

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Марковские процессы. Понятие о марковском процессе, марковские случайные процессы (МСП) с дискретными состояниями и непрерывным временем, граф состояний.
2. МСП. Распределение вероятностей для простейшего потока событий, параметры распределения, коэффициент вариации.
3. n -канальная СМО с отказами.
4. Одноканальная СМО с отказами.
5. Немарковские СМО. Одноканальная СМО с произвольным потоком заявок и произвольным распределением времени обслуживания.

Типовые вопросы и практические задания для контроля приобретенных умений

1. Составить размеченный граф состояний для одноканальной СМО с ограниченной очередью.
2. Составить на основе размеченного графа состояний систему уравнений Колмогорова.
3. По аналитическому решению системы уравнений Колмогорова для финальных вероятностей состояний при заданных значениях интенсивностей потоков заявок и обслуживаний рассчитать характеристики n -канальной СМО с отказами.

Типовые задания для контроля приобретенных владений:

1. В вычислительный центр коллективного пользования с тремя ЭВМ поступают заказы от предприятий на вычислительные работы. Если работают все три ЭВМ, то вновь поступающий заказ не принимается, и предприятие вынуждено обратиться в другой вычислительный центр. Пусть среднее время работы с одним заказом составляет 3 часа. Интенсивность потока заявок $0,25 \text{ ч}^{-1}$. Найти вероятность отказа и среднее число занятых ЭВМ (расчетные формулы для системы массового обслуживания с отказами получить у преподавателя).
2. В пункте химчистки имеется три аппарата для чистки. Интенсивность потока посетителей $\lambda=6$ посетителей в час. Интенсивность обслуживания посетителей одним аппаратом $\mu=3$ посетителей в час. Среднее количество посетителей, покидающих очередь, не дождавшись обслуживания, $\nu=1$ посетитель в час. Найти вероятность занятости всех аппаратов чистки и абсолютную пропускную способность пункта. (расчетные формулы для системы массового обслуживания с ограниченным временем ожидания получить у преподавателя).
3. Время обслуживания для аппаратов некоторой системы массового обслуживания распределено по показательному закону $F(t) = 1 - e^{-1,6t}$, где t - время в минутах. Найти вероятность того, что обслуживание продлится не более 8 мин.
Дан пуассоновский поток с параметром 2 мин^{-1} . Найти вероятность того, что
4. Дан пуассоновский поток с параметром $k = 2 \text{ мин}^{-1}$. Найти вероятность того, что длина интервала между соседними требованиями составляет от 1 до 2 минут.

2.3.2. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине (7 семестр):

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Задачи на условный и безусловный экстремумы, геометрическое представление задач оптимизации, формы записи задач оптимизации.
2. Прибыль как критерий оптимальности, норма прибыли. Показатель приведенных затрат, как критерий оптимальности.
3. Критерий оптимальности многостадийных процессов в виде аддитивной функции частных критериев стадий.
4. Критерий оптимальности и ограничения в виде линейных функций от управлений. Линейное программирование (ЛП), постановка задачи ЛП.
5. ЛП. Геометрическая интерпретация задачи ЛП.
6. ЛП. Решение задач ЛП симплекс-методом Данцига, базисные и свободные переменные
7. ЛП. Первое базисное решение, метод искусственного базиса.
8. Методы оптимизации, основанные на классическом математическом анализе. Безусловный экстремум. Необходимые условия существования экстремума функции многих переменных.
9. Достаточные условия существования экстремума функции многих переменных, метод определителей Сильвестра.
10. Теорема Куна-Таккера, необходимые условия существования условного экстремума с ограничениями в виде равенств и неравенств, целевая функция (Куна-Таккера) для условного экстремума.
11. НЛП. Метод «штрафов» решения задач на условный экстремум, основной недостаток метода.
12. Нелинейное программирование (НЛП), постановка задачи оптимизации, нормирование переменных, классификация поисковых методов НЛП.
13. НЛП. Симплексный метод оптимизации (Метод деформируемого многогранника, идея метода, графическая иллюстрация).
14. НЛП. Алгоритм симплексного метода (до деформации симплекса).
15. НЛП. Алгоритм симплексного метода
16. НЛП. Метод градиента, метод наискорейшего спуска, алгоритмы методов.
17. Задачи многоцелевой оптимизации. Критерии оптимальности, компромиссные решения.
18. Критерии и пространство критериев, пространство управляющих переменных.
19. Метод явной декомпозиции, общая схема решения задач оптимизации сложных химико-технологических систем, алгоритм метода декомпозиции.

Типовые вопросы и практические задания для контроля приобретенных умений

1. Нелинейное программирование (НЛП). Сформулировать идею и описать алгоритмы методов сканирования и поочередного изменения переменных поиска экстремума целевой функции многих переменных.
2. Нелинейное программирование. Описать идею и привести графическую интерпретацию (на примере функции двух переменных) симплексного метода оптимизации.
3. Применить метод неопределенных множителей Лагранжа к постановке задачи проектирования цилиндрического аппарата заданного объема с минимальной площадью поверхности.
4. Сформулировать в общем виде целевую функцию оптимизации методом «штрафов», учитывающую ограничения в форме равенств и неравенств на управления.

Типовые задания для контроля приобретенных владений:

1. С применением программы пакета компьютерной математики решить задачу нелинейного программирования. Актуализированную программу и результат решения показать на экране монитора (вид целевой функции и ограничений задан).
2. С применением программы пакета компьютерной математики решить задачу линейного программирования. Актуализированную программу и результат решения показать на экране монитора (вид целевой функции и ограничений задан).
3. Найти координаты безусловного экстремума целевой функции в виде квадратичной формы двух переменных (вид функции задан). Результат аналитического решения проверить, решив задачу с применением программы пакета компьютерной математики.
4. Найти методом неопределенных множителей Лагранжа координаты условного экстремума квадратичной функции (аналитическим решением) с проверкой результата с применением программы пакета компьютерной математики (вид квадратичной функции и ограничения в форме равенства задан).

2.3.3. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.