

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

« 30 » декабря 20 22 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Исследование операций  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Автоматизация химико-технологических процессов и производств (СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель - овладение системой знаний основ и математического аппарата исследования операций, а также моделей и методов, используемых в управлении технологическими процессами и производствами, необходимой для выполнения видов профессиональной деятельности.

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 для решения задач поиска оптимальных вариантов в планировании, управлении, проектировании, технологии предметной области практической деятельности;

• формирование умения формализации задач принятия решений на основе применения математических методов исследования операций;

• формирование навыков:

- формальной постановки задач оптимизации при известных математических моделях;
- аналитического решения задачи и применения методов математического программирования и получения оптимального решения;
- применения приложений пакетов «компьютерной математики» для получения решения задачи исследования операций.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- понятия и определения исследования операций как научной дисциплины;
- формализация математических моделей изучаемых процессов и систем как объектов принятия решений и оптимизации, классификация их переменных;
- формы критериев (целевых функций) в задачах оптимизации;
- аналитические методы и методы математического программирования решения задач оптимизации.

### 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"> <li>- понятия задач, теории и методов принятия решений, роли людей в принятии решений; понятие альтернатив и критериев их выбора;</li> <li>многокритериальность задач принятия решений;</li> <li>объективные и субъективные модели в принятии решений;</li> <li>исследование операций (ИО) - решение задач принятия решений при объективных моделях;</li> <li>- производства отрасли, математические модели технологических процессов и производств как объектов оптимизации и управления, технико-экономические критерии качества их функционирования;</li> <li>- классификацию переменных технологического процесса как объекта оптимизации и объекта управления;</li> <li>- методы анализа технологических процессов и оборудования для их реализации, как объектов оптимизации и управления;</li> <li>аналитические методы и математическое программирование в ИО.</li> </ul>	<p>Знает применительно к области автоматизации технологических процессов и производств: цели и задачи проводимых исследований и разработок; методы анализа и обобщения отечественного и международного опыта; методы и средства планирования и организации исследований и разработок; методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации</p>	Контрольная работа
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	<p>умеет</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- осуществлять формализацию описания технологических процессов и производств математическими моделями исследования операций (ИО);</li> <li>- формулировать</li> </ul>	<p>Умеет выполнять действия в области автоматизации технологических процессов и производств: применять нормативную документацию; оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских</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>критерии оптимальности в задачах ИО;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать методы решения задач оптимизации в ИО;</li> <li>- выбирать пакеты компьютерной математики для решения задач ИО;</li> <li>- интерпретировать результаты решения задач ИО;</li> </ul>	<p>работ; применять методы анализа научно-технической информации</p>	
ПК-1.1	ИД-ЗПК-1.1	<p>владеет</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками формализации типовых задач исследования операций;</li> <li>- навыками применения аналитических методов и методов математического программирования для решения задач ИО с использованием пакетов «компьютерной математики»;</li> <li>- навыками анализа и интерпретации оптимальных решений.</li> </ul>	<p>Владеет навыками выполнения трудовых действий в области автоматизации технологических процессов и производств: проведения маркетинговых исследований научно-технической информации; сбора, обработки, анализа и обобщения передового отечественного и международного опыта, результатов экспериментов и исследований; внедрения результатов исследований и разработок в соответствии с установленными полномочиями</p>	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	18	18	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	16	16	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

### 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	
7-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Задачи и модели исследования операций	3	0	1	4
Тема 1. Введение в исследование операций Задачи принятия решений (ЗПР). Люди и их роли в принятии решений. Альтернативы решений, критерии оценки альтернатив. Доминирующие и доминируемые альтернативы, множество Парето-Эджворта. Этапы получения решения ЗПР. Субъективные и объективные модели в ЗПР. Исследование операций (ИО) – научная дисциплина о принятии решений при объективных моделях. Предмет, метод и инструменты исследования операций, связь с другими прикладными дисциплинами.  Тема 2. Задачи исследования операций. Принятие решений при объективных моделях. Исследование операций. Многокритериальность задач принятия решений – задач оптимизации. Многокритериальная модель задачи принятия решений. Примеры вербальной постановки многокритериальных задач оптимизации в химической технологии.				
Математические модели процессов и целевые функции (критерии) в задачах исследования операций, постановка задач оптимизации	4	0	3	6
Тема 3. Модели технологических процессов в задачах оптимизации Классификация параметров ХТП как объектов оптимизации. Математические модели связи параметров ХТП. Постановка задачи оптимизации. Графическая интерпретация задачи оптимизации (целевой функции и ограничений).  Тема 4. 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	4	4	4	12
Тема 5. 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				

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>оптимизации.</p> <p>Тема 6. Задачи условной оптимизации Задачи условной оптимизации. Виды ограничений. Графическая интерпретация задач. Кодирование 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 «бочки», распределение потока сырья между параллельно работающими аппаратами).</p>				
Методы математического программирования в задачах оптимизации	7	14	8	32
<p>Тема 7. 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).</p> <p>Тема 8. Нелинейное программирование (НЛП) Нелинейное программирование (НЛП) Постановка задачи НЛП: целевая функция (критерий), ограничения, графическая интерпретация задачи НЛП. 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>				
ИТОГО по 7-му семестру	18	18	16	54
ИТОГО по дисциплине	18	18	16	54

## Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Формулирование (вербальное) задач многокритериальной оптимизации (на примерах параметрической оптимизации типовых САР, оптимизации технологических процессов по технико-экономическим критериям)
2	Математическое формулирование критериев оптимальности в виде: алгебраических функций, функционала, линейной функции от управления.
3	Методика составления размеченного графа состояний для процессов с дискретными состояниями и непрерывным временем и уравнений Колмогорова.
4	Методика аналитического решения задач безусловной оптимизации с нелинейной целевой функцией многих переменных (на примерах).
5	Методика решения задач условной оптимизации с ограничениями в виде равенств методом неопределенных множителей Лагранжа (на примерах).
6	Методика решения задач линейного программирования симплекс-методом (на примере задачи оптимальной организации производства продукции при ограниченных запасах сырья).
7	Алгоритм метода случайного поиска экстремума (на примерах функции двух переменных).
8	Алгоритм метода поочередного изменения переменных (Гаусса-Зейделя) поиска экстремума (на примерах функции двух переменных).
9	Алгоритм Нелдера-Мида (симплексного метода) поиска экстремума (на примерах функции двух переменных).
10	Алгоритм градиентного метода поиска экстремума (на примерах функции двух переменных).

## Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Решение задачи линейного программирования с целевой функцией трех переменных и четырьмя ограничениями в форме неравенств. Проверка решения с использованием прикладного пакета системы компьютерной математики Matlab.
2	Исследование поверхности квадратичной целевой функции с построением изолиний её значений и ограничений.
3	Решение задачи безусловной оптимизации с целевой нелинейной функцией двух переменных аналитическим методом с проверкой результата с использованием прикладного пакета системы Matlab.
4	Решение задачи на условный экстремум целевой квадратичной функции двух переменных с одним ограничением в форме равенства аналитическим методом неопределенных множителей Лагранжа с проверкой результата с использованием прикладного пакета системы Matlab.
5	Решение задачи на условный экстремум целевой квадратичной функции двух переменных с ограничениями в форме равенств и неравенств с использованием прикладного пакета системы Matlab.
6	Решение задачи безусловной оптимизации «штрафной» функции, составленной для условий лабораторной работы № 5 с использованием прикладного пакета системы Matlab.

## 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
<b>1. Основная литература</b>		
1	Вентцель Е. С. Исследование операций: задачи, принципы, методология : учебное пособие для вузов / Е. С. Вентцель. - Москва: Высш. шк., 2007.	9
2	Гартман Т.Н. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов : учебное пособие для вузов / Т.Н. Гартман, Д.В. Клушин. - М.: Академкнига, 2008.	25

3	Есипов Б. А. Методы исследования операций : учебное пособие / Б. А. Есипов. - Санкт-Петербург[и др.]: Лань, 2013.	18
4	Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в Волшебных странах : учебник для вузов / О. И. Ларичев. - Москва: Логос, 2008.	15
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Волков И. К. Исследование операций : учебник для вузов / И. К. Волков, Е. А. Загоруйко. - Москва: Изд-во МГТУ, 2004.	15
2	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.	115
3	Морозов В. В. Исследование операций в задачах и упражнениях : учебное пособие для вузов / В. В. Морозов, А. Г. Сухарев, В. В. Федоров. - Москва: Либроком, 2013.	3
4	Таха Х. А. Введение в исследование операций : пер. с англ. / Х. А. Таха. - Москва [и др.]: Вильямс, 2005.	16
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	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	Гартман Т. Н. Моделирование химико-технологических процессов. Принципы применения пакетов компьютерной математики : учебное пособие / Гартман Т. Н., Клушин Д. В. - Санкт-Петербург: Лань, 2020	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-126905">http://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-126905</a>	локальная сеть; авторизованный 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.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2921">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2921</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Есипов, Б. А. Методы исследования операций : учебное пособие / Б. А. Есипов. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 304 с. Текст : электронный // Лань	<a href="https://e.lanbook.com/book/68467">https://e.lanbook.com/book/68467</a>	сеть Интернет; 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
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	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### 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	Доска, парты, стол преподавателя	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*

<b>Направление подготовки:</b>	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Автоматизация химико-технологических процессов и производств
<b>Квалификация (степень) выпускника:</b>	бакалавр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Оборудование и автоматизация химических производств
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Курс:</b> <u>4</u>	<b>Семестр(ы):</b> <u>7</u>
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	<u>3</u> ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	<u>108</u> ч
<b>Форма промежуточной аттестации:</b>	
Зачет:	7 семестр

Пермь 2022 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 одного семестра (7-го семестра учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле 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	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР		Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>31.</b> Знать понятия задач, теории и методов принятия решений, роли людей в принятия решений; понятие альтернатив и критериев их выбора; многокритериальность задач принятия решений; объективные и субъективные модели в принятия решений; исследование операций (ИО) - решение задач принятия решений при объективных моделях;	+			+		ТВ
<b>32.</b> Знать производства отрасли, математические модели технологических процессов и производств как объектов оптимизации и управления, технико-экономические критерии качества их функционирования;	+			+		ТВ
<b>33.</b> Знать классификацию переменных технологического процесса как объекта оптимизации и объекта управления;		+		+		ТВ
<b>34.</b> Знать методы анализа технологических процессов и оборудования для их реализации, как объектов оптимизации и управления; аналитические методы и		+		+		ТВ

математическое программирование в решении задач ИО.						
<b>Освоенные умения</b>						
<b>У.1</b> уметь осуществлять формализацию описания технологических процессов и производств математическими моделями исследования операций (ИО);			+	+		ПЗ
<b>У.2</b> уметь формулировать критерии оптимальности в задачах ИО;			+	+		ПЗ
<b>У.3.</b> уметь выбирать методы решения задач оптимизации в ИО;			+	+		ПЗ
<b>У.4.</b> уметь выбирать пакеты компьютерной математики для решения задач ИО;			+	+		ПЗ
<b>У.5.</b> уметь интерпретировать результаты решения задач ИО;			+	+		ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>						
<b>В.1</b> владеть навыками формализации типовых задач исследования операций;			+			ПЗ
<b>В.2</b> владеть навыками применения аналитических методов и методов математического программирования для решения задач ИО с использованием пакетов «компьютерной математики»;			+			ПЗ
<b>В.3</b> владеть навыками анализа и интерпретации оптимальных решений.			+			ПЗ

*С – собеседование по теме; ТО – теоретический опрос; ОЛР – отчет по лабораторной работе; 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 зачета, 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 бланочного 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, освоенных умений и приобретенных владений (таблица 1) проводится в форме выполнения и защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Выполнение и защита лабораторных работ**

Всего запланировано 6 лабораторных работ. Темы лабораторных работ приведены в РПД. Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом.

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

### **2.2.2 Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано три рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Контрольная работа по разделам 1-2 (КР1), контрольная работа по разделу 3 (КР2), контрольная работа по разделу 4 (КР3). Некоторые типовые вопросы к контрольным работам приведены ниже.

*Типовые вопросы к КР1:*

1. Дать определение понятий: принятие решений; задача принятия решений (ЗПР); лицо, принимающее решение (ЛПР).
2. ЗПР. Понятие альтернативы. Зависимые и независимые альтернативы. Первичные и конструируемые альтернативы. Критерии оценки альтернатив. Зависимые и независимые критерии. Многокритериальные ЗПР.
3. ЗПР. Оценки по критериям, шкалы оценок по критериям (дискретные и непрерывные, количественные и качественные). Типы шкал (шкала порядка, шкала равных интервалов, шкала пропорциональных оценок). Процесс (этапы) принятия решений.
4. Объективные и субъективные модели в задачах принятия решений.

*Типовые вопросы к КР 2:*

1. Исследование операций, этапы решения задач исследования операций (ИО).

2. Классификация переменных ХТП как объекта оптимизации.
3. Критерий оптимальности многостадийных процессов в виде аддитивной функции частных критериев стадий.
4. Достаточные условия существования экстремума функции многих переменных, метод определителей Сильвестра.
5. Задачи на экстремум с нелинейными целевыми функциями и ограничениями, постановка задачи.
6. Метод неопределенных множителей Лагранжа, необходимые условия существования условного экстремума.

*Типовые вопросы к КР 3:*

1. Линейное программирование (ЛП). Математическая формулировка задачи ЛП, переход от ограничений в форме неравенств к равенствам.
2. ЛП Решение задач ЛП симплекс-методом Данцига, базисные и свободные переменные.
3. Метод искусственного базиса.
4. Нелинейное программирование (НЛП), постановка задачи оптимизации, нормирование переменных. Классификация поисковых методов, глобальный оптимум, седловые точки.
5. НЛП. Симплексный метод оптимизации (Метод деформируемого многогранника, идея метода, графическая иллюстрация).
6. НЛП. Метод случайных направлений. Алгоритм метода.
7. НЛП. Градиентные методы оптимизации, понятие производной по направлению, понятие градиента функции, идея градиентных методов.

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

## **2.2 Промежуточная аттестация (итоговый контроль)**

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

### **2.3.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины)

промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

### **2.3.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Доминирующие и доминируемые альтернативы в задачах принятия решений. Множество Эджворта-Парето.
2. Особенности задач исследования операций (ИО). Многокритериальность задач ИО при выборе альтернатив.
3. Классификация переменных химико-технологического процесса (ХТП) как объекта оптимизации.
4. Критерии эффективности ХТП. Виды (формы записи) критериев оптимальности, критерий оптимальности в виде алгебраической функции, функционала, критерий оптимальности и ограничения в виде линейных функций от управлений, критерий оптимальности многостадийных процессов в виде аддитивной функции частных критериев стадий.
5. Линейное программирование (ЛП), постановка задачи ЛП.
6. Теорема Куна-Таккера, необходимые условия существования условного экстремума целевой функции с ограничениями в виде равенств и неравенств.
7. Нелинейное программирование (НЛП). Метод «штрафов» решения задач на условный экстремум, основной недостаток метода.

#### **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 в задаче проектирования цилиндрического аппарата заданного объема с минимальной площадью поверхности.
4. Сформулировать в общем виде целевую функцию оптимизации методом «штрафов», учитывающую ограничения на управления.

#### **Типовые задания для контроля приобретенных владений:**

1. С применением 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 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).

#### **2.3.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете**

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 зачета 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 зачете 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 зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.