

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНТРАНС РОССИИ)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)
ФГБОУ ВО «САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»
(ФГБОУ ВО СПбГУ ГА)

УТВЕРЖДАЮ

Первый
проректор-проректор
по учебной работе
Н.Н. Сухих
2017 года



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Линейное и динамическое программирование

Направление подготовки
01.03.04 Прикладная математика

Направленность программы (профиль)
Математическое и программное обеспечение систем управления

Квалификация выпускника
бакалавр

Форма обучения
очная

Санкт-Петербург
2017

1 Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Линейное и динамическое программирование» – изучение методологии задач линейного и динамического программирования, приобретение обучающимися умений и практических навыков применения математического аппарата для решения задач оптимизации процессов в профессиональной деятельности.

Задачами освоения дисциплины являются:

- знакомство студентов с понятием математического программирования;
- рассмотрение различных реальных процессов, оптимизация которых сводится к математическому программированию;
- классификация задач математического программирования;
- обзор основных математических методов, применяемых для решения задач математического программирования;
- анализ известных алгоритмов оптимизации.

Дисциплина обеспечивает подготовку выпускника к научно-исследовательскому виду профессиональной деятельности.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Линейное и динамическое программирование» представляет собой дисциплину, относящуюся к Вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина «Линейное и динамическое программирование» базируется на результатах обучения, полученных при изучении дисциплин: «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Дополнительные главы математического анализа», «Логистика», «Моделирование транспортных процессов».

Дисциплина «Линейное и динамическое программирование» является обеспечивающей для дисциплины «Методы оптимизации».

Дисциплина изучается в 6 семестре.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины «Линейное и динамическое программирование» направлен на формирование следующих компетенций:

Перечень и код Компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
Готовность к самостоя-	Знать:

Перечень и код Компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
тальной работе (ОПК-1)	<ul style="list-style-type: none"> - постановки задач линейного и динамического программирования. Уметь: <ul style="list-style-type: none"> - выбирать адекватный метод решения задач математического программирования. Владеть: <ul style="list-style-type: none"> - численными методами решения задач математического программирования.
Способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, готовностью использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат (ПК-9)	<ul style="list-style-type: none"> Знать: <ul style="list-style-type: none"> - методы решения основных задач линейного и динамического программирования. Уметь: <ul style="list-style-type: none"> - сводить прикладные задачи к задачам математического программирования. Владеть: <ul style="list-style-type: none"> - методами формализации прикладных задач и представления их в форме задач математического программирования.
Способность самостоятельно изучать новые разделы фундаментальных наук (ПК-12)	<ul style="list-style-type: none"> Знать: <ul style="list-style-type: none"> - основы дискретного программирования и теории решения задач сетевого типа. Уметь: <ul style="list-style-type: none"> - выбирать адекватную математическую модель математического программирования, описывающую различные конкретные типы физических задач. Владеть: <ul style="list-style-type: none"> - современными алгоритмами решения задач математического программирования.

4 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

Наименование	Всего часов	Семестр
		6
Общая трудоемкость дисциплины	108	108

Наименование	Всего часов	Семестр
		6
Контактная работа:	72	72
лекции	36	36
практические занятия	18	18
семинары	–	–
лабораторные работы	18	18
курсовой проект (работа)	–	–
Самостоятельная работа студента	27	27
Промежуточная аттестация:	9	9

5 Содержание дисциплины

5.1 Соотнесения тем (разделов) дисциплины и формируемых компетенций

Темы (разделы) дисциплины	Количество часов	Компетенции			Образовательные технологии	Оценочные средства
		ОПК-1	ПК-9	ПК-12		
Тема 1. Задача линейного программирования	21	+	+		ВК, Л, ПЗ, СРС, ЛР	ПАР
Тема 2. Задачи транспортного типа	15	+	+		Л, ПЗ, СРС, ЛР	ПАР
Тема 3. Задачи дискретного программирования	15		+	+	Л, ПЗ, СРС, ЛР	ПАР
Тема 4. Задачи динамического программирования	21	+	+		Л, ПЗ, СРС, ЛР	ПАР
Тема 5. Задачи сетевого типа	27		+	+	Л, ПЗ, СРС, ЛР	ПАР
Всего по дисциплине	99					
Промежуточная аттестация	9					
Итого по дисциплине	108					

Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, СРС – самостоятельная работа студента, ВК – входной контроль, ПАР – письменная аудиторная работа, ЛР – лабораторная работа.

5.2 Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	С	ЛР	СРС	КР	Всего часов

Наименование темы (раздела) дисциплины	Л	ПЗ	С	ЛР	СРС	КР	Всего часов
Тема 1. Задача линейного программирования	8	4	-	4	5	-	21
Тема 2. Задачи транспортного типа	6	2	-	2	5	-	15
Тема 3. Задачи дискретного программирования	6	2	-	2	5	-	15
Тема 4. Задачи динамического программирования	8	4	-	4	5	-	21
Тема 5. Задачи сетевого типа	8	6	-	6	7	-	27
Всего по дисциплине	36	18	-	18	27	-	99
Промежуточная аттестация							9
Итого по дисциплине							108

Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, СРС – самостоятельная работа студента, С – семинар, ЛР – лабораторная работа, КР – курсовая работа (проект).

5.3 Содержание дисциплины

Тема 1. Задача линейного программирования

Понятие экстремума функции. Локальные и глобальные экстремумы. Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума функции одной и нескольких переменных. Задача поиска условного экстремума функции с ограничениями в виде равенств и неравенств. Математическое программирование. Задача линейного программирования. Геометрический и симплекс методы решения задачи линейного программирования. Метод искусственного базиса. Двойственные задачи. Двойственный симплекс-метод. Анализ чувствительности моделей линейного программирования. Примеры практических задач, сводящихся к задаче линейного программирования.

Тема 2. Задачи транспортного типа

Транспортная задача. Сбалансированная и несбалансированные модели. Теорема о существовании решений. Методы построения начального решения. Метод потенциалов улучшения начального решения. Задачи с вырожденным базисом. Задачи с несколькими транспортными потоками. Задачи с промежуточными (транзитными) узлами. Минимизация времени перевозок. Примеры.

Тема 3. Задачи дискретного программирования

Понятие задачи дискретного программирования. Целочисленное и булево-целочисленное программирование. Сведение задачи дискретного программирования к булевой задаче. Метод отсекающих плоскостей и метод ветвей и границ для решения задачи целочисленного программирования. Общий метод решения булевой задачи. Задача о назначениях. Задача о коммивояжере. Примеры практических задач, сводящихся к дискретному программированию.

Тема 4. Задачи динамического программирования

Динамическое программирование. Принцип оптимальности Беллмана. Примеры задач динамического программирования. Задача о кратчайших путях в сети. Задача управления запасами. Задача об инвестициях. Задача о загрузке. Задача о планировании рабочей силы. Задача замены оборудования.

Тема 5. Задачи сетевого типа

Постановка задачи о максимальном потоке. Понятие разреза (сечения) графа. Лемма о потоке. Основная теорема о максимальном потоке и минимальном разрезе. Следствия к основной теореме о максимальном потоке. Решение задачи о максимальном потоке. Случай нескольких источников и стоков. Наличие ограничений снизу на поток. Случай неориентированных сетей. Наличие пропускной способности на узлах. Задача о спросе и предложении. Сведение к задаче о максимальном потоке. Обобщение задачи о спросе и предложении (наличие дополнительных ограничений). Задача о циркуляции. Сведение задачи к задаче о максимальном потоке. Задача о потоке минимальной стоимости. Связь с транспортной задачей. Сведение задачи о потоке минимальной стоимости к задаче о циркуляции. Решение задачи о потоке минимальной стоимости. Нахождение кратчайшего пути в графе. Задача минимальной стоимости о спросе и предложении (задача о торговце). Задача о поставщике. Максимальный динамический поток. Сведение к статическому случаю.

5.4 Практические занятия (семинары)

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (часы)
1	Практическое занятие 1. Безусловная и условная оптимизация функций. Задачи с ограничениями типа равенств и неравенств. Геометрический метод решения двумерной задачи линейного программирования	2
	Практическое занятие 2. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования. Метод искусственного базиса.	2
2	Практическое занятие 3. Стандартная транспортная задача. Метод потенциалов.	2
3	Практическое занятие 4. Методы решения задачи целочисленного программирования.	2

Номер темы дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (часы)
4	Практическое занятие 5-6. Динамическое программирование. Задача о кратчайших путях.	4
5	Практическое занятие 7. Задача о максимальном потоке в сети.	2
	Практическое занятие 8-9. Задача о спросе и предложении.	4
Итого по дисциплине		18

5.5 Лабораторный практикум

Номер темы дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (часы)
1	Лабораторная работа 1-2. Двойственные задачи линейного программирования. Двойственный симплекс-метод.	4
2	Лабораторная работа 3. Нестандартные транспортные задачи. Сведение к стандартной задаче.	2
3	Лабораторная работа 4. Задачи булевого программирования. Задача о назначениях. Задача о коммивояжере.	2
4	Лабораторная работа 5. Задачи управления запасами. Задача замены оборудования.	2
	Лабораторная работа 6. Задача о загрузке. Задача об инвестициях.	2
5	Лабораторная работа 7. Задача о потоке минимальной стоимости.	2
	Лабораторная работа 8-9. Задача о динамическом потоке.	4
Итого по дисциплине		18

5.6 Самостоятельная работа

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
-----------------------	-----------------------------	---------------------

Номер темы дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (часы)
1	1. Изучение теоретического материала «Задача линейного программирования», конспект лекций и рекомендуемая литература [1, 3, 5, 7]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	5
2	1. Изучение теоретического материала «Задачи транспортного типа», конспект лекций и рекомендуемая литература [1, 2]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	5
3	1. Изучение теоретического материала «Задача дискретного программирования», конспект лекций и рекомендуемая литература [1, 3, 6, 8-10]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	5
4	1. Изучение теоретического материала «Задача динамического программирования», конспект лекций и рекомендуемая литература [1, 4]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	5
5	1. Изучение теоретического материала «Задачи сетевого типа», конспект лекций и рекомендуемая литература [3, 5, 8-10]. 2. Подготовка к письменной аудиторной работе.	7
Итого по дисциплине		27

5.7 Курсовые работы (проект)

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены.

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Татарников, О. В. **Линейная алгебра и линейное программирование. Практикум : учеб. пособие для академического бакалавриата** / Л. Г. Бирюкова, Р. В. Сагитов ; под общ. ред. О. В. Татарникова. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 53 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-9800-9. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/40F781C5-AFD2-44A6-9853-C1E1C6B57214 -Загл. с экрана.

2. Смагин, Б. И. **Экономико-математические методы: учебник для академического бакалавриата** / Б. И. Смагин. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 272 с. — (Серия: Бакалавр. Академический курс). —

ISBN 978-5-9916-9814-6. — Режим доступа: www.biblio-online.ru/book/CD85F2F3-91F6-4455-9D43-FE72E6417106.

3. Копылов, В.И. **Курс дискретной математики** [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. И. Копылов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2011. — 208 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1798> — Загл. с экрана.

б) дополнительная литература:

4. Азарнова Т.В., Каширина И.Л., Чернышова Г.Д. **Линейное программирование: Учебное пособие**. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2002. - 60 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/386/27386/files/may02021.pdf> - Загл. с экрана.

5. Палий, И. А. **Линейное программирование: учеб. пособие для академического бакалавриата** / И. А. Палий. — 2-е изд., испр. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2017. — 175 с. — (Серия: Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-04716-5. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/6155555B-41EA-4829-B259-FA0162D38855 — Загл. с экрана.

6. Красс, М. С. **Математика в экономике. Базовый курс : учебник для бакалавров** / М. С. Красс. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 470 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-3137-2. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/8BD2AC05-D7E3-4B22-844C-3DC3D6F52A1B.

в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

7 **Научное сообщество** [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://mathinfinity.net.ru/>, свободный (дата обращения: 29.07.2017).

г) программное обеспечение (лицензионное), базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

8 **Единое окно доступа к образовательным ресурсам** [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>, свободный (дата обращения: 29.07.2017).

9 **Электронная библиотека научных публикаций «eLIBRARY.RU»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://elibrary.ru/>, свободный (дата обращения: 29.07.2017).

10 **Электронно-библиотечная система издательства «Лань»** [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>, свободный (дата обращения: 29.07.2017).

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерные классы кафедры № 8 (ауд.: 800, 801, 803, 804) с доступом в Интернет, переносной проектор.

Информационно-справочные и материальные ресурсы библиотеки СПбГУ ГА.

Лицензионное программное обеспечение: Microsoft Office.

8 Образовательные и информационные технологии

Дисциплина «Линейное и динамическое программирование» предполагает использование следующих образовательных технологий: входной контроль, лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа студента.

Входной контроль проводится преподавателем в начале изучения дисциплины с целью коррекции процесса усвоения студентами дидактических единиц. Он осуществляется по вопросам дисциплин, на которых базируется дисциплина «Линейное и динамическое программирование» (п.2).

Лекция как образовательная технология представляет собой устное, систематически последовательное изложение преподавателем учебного материала с целью организации целенаправленной познавательной деятельности обучающихся по овладению знаниями, умениями и навыками читаемой дисциплины.

Реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий, на основе современных информационных и образовательных технологий, что, в сочетании с внеаудиторной работой, приводит к формированию и развитию профессиональных компетенций обучающихся. Это позволяет учитывать как исходный уровень знаний студентов, так и существующие методические, организационные и технические возможности обучения.

Практическое занятие обеспечивает связь теории и практики, содействует выработке у обучающихся умений и навыков применения знаний, полученных на лекции и в ходе самостоятельной работы.

Лабораторная работа позволяет организовать учебную работу с реальными информационными объектами. Лабораторная работа как образовательная технология реализует следующие функции: овладение системой средств и методов практического исследования обучающимися, развитие творческих исследовательских умений обучающихся и расширение возможностей использования теоретических знаний для решения практических задач.

Самостоятельная работа студента позволяет сформировать навыки самостоятельного приобретения обучающимися знаний по некоторым несложным вопросам теоретического курса, закрепление и углубление полученных знаний, умений и навыков во время лекций, лабораторных работ и практических занятий.

Использование консультационных часов позволяет индивидуализировать занятия со студентами, проконтролировать освоение учебного материала.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу и систематический контроль хода этой работой.

В рамках изучения дисциплины «Линейное и динамическое программирование» предполагается использовать в качестве информационных технологий среду Microsoft Office.

9 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Уровень и качество знаний обучающихся оцениваются по результатам текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины в виде зачета.

Текущий контроль успеваемости включает письменные аудиторные работы. Письменная аудиторная работа проводится по темам практических занятий в соответствии с данной программой и предназначен для проверки способности обучающихся решать задачи по темам дисциплины. Контроль выполнения задания, выдаваемого на самостоятельную работу, преследует собой цель своевременного выявления плохо усвоенного материала дисциплины для последующей корректировки или организации обязательной консультации.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проводится в виде зачета в 6 семестре. К моменту сдачи зачета должны быть успешно пройдены предыдущие формы контроля. Зачет позволяет оценить уровень освоения компетенций за весь период изучения дисциплины.

9.1 Балльно-рейтинговая система оценки текущего контроля успеваемости и знаний и промежуточной аттестации студентов

Тема/вид учебных занятий (оценочных заданий), позволяющих студенту продемонстрировать достигнутый уровень сформированности компетенций	Количество баллов		Срок контроля (порядковый номер недели с начала семестра)	Примечание
	минимальное значение	максимальное значение		
Контактная работа				
<i>Аудиторные занятия</i>				
Лекция 1 (Тема 1)	1	1,5	1	
Практическое занятие 1 (Тема 1)	1,5	2,5	1	
Лекция 2 (Тема 1)	1	1,5	2	
Лабораторная работа 1 (Тема 1)	1,5	2,5	2	
Лекция 3 (Тема 1)	1	1,5	3	
Практическое занятие 2 (Тема 1)	1,5	2,5	3	
Лекция 4 (Тема 1)	1	1,5	4	
Лабораторная работа 2 (Тема 1)	1,5	2,5	4	

Тема/вид учебных занятий (оценочных заданий), позволяющих студенту продемонстрировать достигнутый уровень сформированности компетенций	Количество баллов		Срок контроля (порядковый номер недели с начала семестра)	Примечание
	минимальное значение	максимальное значение		
Лекция 5 (Тема 2)	1	1,5	5	
Практическое занятие 3 (Тема 2)	1,5	2,5	5	
Лекция 6 (Тема 2)	1	1,5	6	
Лекция 7 (Тема 2)	1	1,5	6	
Лабораторная работа 3 (Тема 2)	1,5	2,5	7	
Лекция 8 (Тема 3)	1	1,5	7	
Практическое занятие 4 (Тема 3)	1,5	2,5	8	
Лекция 9 (Тема 3)	1	1,5	8	
Лекция 10 (Тема 3)	1	1,5	9	
Лабораторная работа 4 (Тема 3)	1,5	2,5	9	
Лекция 11 (Тема 4)	1	1,25	10	
Практическое занятие 5 (Тема 4)	1,5	2,5	10	
Лекция 12 (Тема 4)	1	1,25	11	
Лабораторная работа 5 (Тема 4)	1,5	2,5	11	
Лекция 13 (Тема 4)	1	1,25	12	
Практическое занятие 6 (Тема 4)	1,5	2,5	12	
Лекция 14 (Тема 4)	1	1,25	13	
Лабораторная работа 6 (Тема 4)	1,5	2,5	13	
Лекция 15 (Тема 5)	1	1,25	14	
Практическое занятие 7 (Тема 5)	1,5	2,5	14	
Лекция 16 (Тема 5)	1	1,25	15	
Лабораторная работа 7 (Тема 5)	1,5	2,5	15	
Лекция 17 (Тема 5)	1	1,25	16	
Практическое занятие 8 (Тема 5)	1,5	2,5	16	
Лабораторная работа 8 (Тема 5)	1,5	2,5	17	
Лекция 18 (Тема 5)	1	1,25	17	
Практическое занятие 9 (Тема 5)	1,5	2,5	18	
Лабораторная работа 9 (Тема 5)	1,5	2,5	18	
Итого по обязательным видам занятий	45	70		
Зачет	15	30		
Итого по дисциплине	60	100		
<i>Премияльные виды деятельности (для учета при определении рейтинга)</i>				
Научные публикации по темам дисциплины		10		
Участие в конференциях по темам дисциплины		10		
Итого дополнительно премияльных баллов		20		
Всего по дисциплине для рейтинга		120		
Перевод баллов балльно-рейтинговой системы в оценку по «академической» шкале				
Количество баллов по БРС	Оценка (по «академической» шкале)			
60 и более	«зачтено»			
Менее 60	«не зачтено»			

9.2 Методические рекомендации по проведению процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Посещение лекционного занятия обучающимся с ведением конспекта оценивается в 1 балл. Активное участие в обсуждении вопросов в ходе лекции – от 0,25 до 0,5 баллов (в зависимости от сложности темы лекции).

Посещение обучающимся практического занятия или лабораторной работы с ведением конспекта оценивается в 1,5 балла. Письменная аудиторная работа оценивается до 1 балла.

9.3 Темы курсовых работ (проектов) по дисциплине

Написание курсовых работ (проектов) учебным планом не предусмотрено.

9.4 Контрольные вопросы для проведения входного контроля остаточных знаний по обеспечивающим дисциплинам

- дать определение функции;
- дать определение и сформулировать необходимые и достаточные условия безусловного экстремума функции;
- дать определение условного экстремума и описать метод множителей Лагранжа;
- принцип максимизации прибыли;
- выписать систему линейных алгебраических уравнений (однородных и неоднородных);
- решить линейную алгебраическую систему по методу Гаусса;
- понятие, цели и задачи логистики.
- понятие потока. Классификация потоков. Основные виды потоков.
- методы реализации логистических управленческих решений.
- методы прогнозирования в логистической системе.
- дайте определение понятия модели процесса;
- формулировка задачи оптимизации транспортных процессов;
- формирование показателей эффективности в задачах оптимизации транспортных процессов;
- сформулировать понятие статической и динамической математической модели, детерминированной и вероятностной;
- описать основные действия с матрицами.

9.5 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Критерий	Этапы формирования	Показатель
<i>Готовность к самостоятельной работе (ОПК-1)</i>		
Знать: - постановки задач линейного и динамического программирования.	1 этап формирования	– Знание основ теории условной оптимизации функций.
	2 этап формирования	– Знание основных понятий и постановок задач математического программирования.
Уметь: - выбирать адекватный метод решения задач математического программирования.	1 этап формирования	– Умение классифицировать задачи математического программирования.
	2 этап формирования	– Умение выбирать наиболее эффективный метод решения тех или иных задач математического программирования.
Владеть: - численными методами решения задач математического программирования	1 этап формирования	– Владение информацией об основных принципах численного моделирования.
	2 этап формирования	– Владение методами численного решения задач математического программирования.
<i>Способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, готовностью использовать для их решения соответствующий естественнонаучный аппарат (ПК-9)</i>		
Знать: - методы решения основных задач линейного и динамического программирования.	1 этап формирования	– Знание основных методов решения задач линейного и динамического программирования.
	2 этап формирования	– Знание основных принципов оценки эффективности того или иного метода.

Критерий	Этапы формирования	Показатель
Уметь: - сводить прикладные задачи к задачам математического программирования.	1 этап формирования	– Умение моделировать различные процессы в экономике и транспортной логистике.
	2 этап формирования	– Умение формулировать критерии качества процесса.
Владеть: - методами формализации прикладных задач и представления их в форме задач математического программирования.	1 этап формирования	– Владение основными принципами математического моделирования.
	2 этап формирования	– Владение основными методами формализации оптимизационных задач.
<i>Способность самостоятельно изучать новые разделы фундаментальных наук (ПК-12)</i>		
Знать: - основы дискретного программирования и теории решения задач сетевого типа.	1 этап формирования	– Знание основ теории дискретного программирования.
	2 этап формирования	– Знание основ теории решения задач сетевого типа.
Уметь: - выбирать адекватную математическую модель математического программирования, описывающую различные конкретные типы физических задач.	1 этап формирования	– Умение классифицировать типы задач математического программирования.
	2 этап формирования	– Умение выбирать наиболее эффективную модель математического программирования для описания исследуемого процесса.
Владеть: - современными алгоритмами решения задач математического программирования.	1 этап формирования	– Владение основными понятиями теории алгоритмов.
	2 этап формирования	– Владение основными алгоритмами решения задач математического программирования.

Характеристики шкалы оценивания приведены ниже.

1. Максимальное количество баллов за зачет – 30. Минимальное количество баллов («зачет сдан») – 15 баллов.
2. При наборе менее 15 баллов – зачет не сдан по причине недостаточного уровня знаний.
3. Ответы на вопросы оцениваются следующим образом:
 - 1 балл: отсутствие продемонстрированных знаний и компетенций в рамках образовательного стандарта (нет ответа на вопрос) или отказ от ответа;
 - 2 балла: нет удовлетворительного ответа на вопрос, демонстрация фрагментарных знаний в рамках образовательного стандарта, незнание лекционного материала;
 - 3 балла: нет удовлетворительного ответа на вопрос, много наводящих вопросов, отсутствие ответов по основным положениям вопроса, незнание лекционного материала;
 - 4 балла: ответ удовлетворительный, оценивается как минимально необходимые знания по вопросу, при этом студентом продемонстрировано хотя бы минимальное знание всех разделов вопроса в пределах лекционного материала. При этом студентом демонстрируется достаточный объем знаний в рамках образовательного стандарта;
 - 5 баллов: ответ удовлетворительный, достаточные знания в объеме учебной программы, ориентированные на воспроизведение; использование научной (технической) терминологии, стилистически грамотное, логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать выводы;
 - 6 баллов: ответ удовлетворительный, студент достаточно ориентируется в основных аспектах вопроса, демонстрирует полные и систематизированные знания в объеме учебной программы;
 - 7 баллов: ответ хороший (достаточное знание материала), но требовались наводящие вопросы, студент демонстрирует систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы;
 - 8 баллов: ответ хороший, ответом достаточно охвачены все разделы вопроса, единичные наводящие вопросы; студент демонстрирует способность самостоятельно решать сложные проблемы в рамках учебной программы;
 - 9 баллов: систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы; студент демонстрирует способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы в нестандартной ситуации в рамках учебной программы;
 - 10 баллов: ответ на вопрос полный, не было необходимости в дополнительных (наводящих вопросах); студент демонстрирует систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам учебной программы, а также по основным вопросам, выходящим за ее пределы.

4. Решение задачи оценивается следующим образом:

–10 баллов: задание выполнено на 91-100 %, решение и ответ аккуратно оформлены, выводы обоснованы, дана правильная и полная интерпретация выводов, студент аргументировано обосновывает свою точку зрения, уверенно и правильно отвечает на вопросы преподавателя;

–9 баллов: задание выполнено на 86-90 %, решение и ответ аккуратно оформлены, выводы обоснованы, дана правильная и полная интерпретация выводов, студент аргументировано обосновывает свою точку зрения, правильно отвечает на вопросы преподавателя;

–8 баллов: задание выполнено на 81-85 %, ход решения правильный, незначительные погрешности в оформлении; правильная, но не полная интерпретация выводов, студент дает верные, но не полные ответы на вопросы преподавателя, испытывает некоторые затруднения в интерпретации полученных выводов;

–7 баллов: задание выполнено на 74-80 %, ход решения правильный, значительные погрешности в оформлении; правильная, но не полная интерпретация выводов, студент дает правильные, но не полные ответы на вопросы преподавателя, испытывает определенные затруднения в интерпретации полученных выводов;

–6 баллов: задание выполнено 66-75 %, подход к решению правильный, есть ошибки, оформление с незначительными погрешностями, неполная интерпретация выводов, не все ответы на вопросы преподавателя правильные, не способен интерпретировать полученные выводы;

–5 баллов: задание выполнено на 60-65 %, подход к решению правильный, есть ошибки, значительные погрешности при оформлении, неполная интерпретация выводов, не все ответы на вопросы преподавателя правильные, не способен интерпретировать полученные выводы;

–4 балла: задание выполнено на 55-59 %, подход к решению правильный, есть ошибки, значительные погрешности при оформлении, неполная интерпретация выводов, не все ответы на вопросы преподавателя правильные, не способен интерпретировать полученные выводы;

–3 балла: задание выполнено на 41-54 %, решение содержит грубые ошибки, неаккуратное оформление работы, неправильная интерпретация выводов, студент дает неправильные ответы на вопросы преподавателя;

–2 балла: задание выполнено на 20-40 %, решение содержит грубые ошибки, неаккуратное оформление работы, выводы отсутствуют; не может прокомментировать ход решения задачи, дает неправильные ответы на вопросы преподавателя;

–1 балл: задание выполнено менее, чем на 20 %, решение содержит грубые ошибки, студент не может прокомментировать ход решения задачи, не способен сформулировать выводы по работе.

9.6 Типовые контрольные задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Типовые задания для письменной аудиторной работы

1. Решить задачу линейного программирования геометрическим методом
 $3x_1 - 4x_2 \rightarrow \max$
 $x_1 - 2x_2 \geq -4, x_1 + x_2 \leq 3, -x_1 + 2x_2 \geq -2.$
2. Решить задачу линейного программирования симплекс-методом
 $3x_1 - 4x_2 \rightarrow \max$
 $x_1 - 2x_2 \geq -4, x_1 + x_2 \leq 3, -x_1 + 2x_2 \geq -2.$
3. Решить задачу линейного программирования двойственным симплекс-методом
 $3x_1 + 5x_2 + 5x_4 \rightarrow \max$
 $4x_1 + 3x_2 + 2x_3 \geq 7, -x_1 + 2x_2 + 5x_3 + 3x_4 \geq 12.$
4. Найти целочисленное решение задачи линейного программирования
 $4x_1 + 10x_2 + 3x_3 \rightarrow \max$
 $x_1 + 2x_2 + x_3 \leq 10, 2x_1 - x_2 - 3x_3 \leq 8.$
5. Построить начальное решение транспортной задачи по методам северо-западного угла, минимальной стоимости, двойного предпочтения

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	запасы
A ₁	12	9	4	24	300
A ₂	5	5	10	25	130
A ₃	3	5	14	1	165
заказы	230	100	75	190	

6. Решить транспортную задачу методом потенциалов

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	запасы
A ₁	8	6	1	3	7	20
A ₂	5	4	2	6	3	20
A ₃	1	3	0	0	0	30
A ₄	0	0	0	0	0	15
заказы	15	15	20	20	15	

7. Решить задачу о назначениях

7	6	5	3
8	3	9	5
3	1	7	2
2	4	4	4

8. Решить задачу коммивояжера

-	3	9	8
4	-	9	7
6	7	-	6
2	1	3	-

9. Найти кратчайшие пути в сети (в таблице указаны длины ребер)

0	1	3	-	-	-
1	0	1	9	7	-
3	1	0	2	1	-
-	9	2	0	1	8
-	8	5	3	0	3
-	-	-	4	7	0

10. Найти максимальный поток из первой вершины сети в шестую (в таблице указаны пропускные способности ребер)

-	1	3	0	0	0
1	-	1	9	7	0
3	1	-	2	1	0
0	9	2	-	1	8
0	8	5	3	-	3
0	0	0	4	7	-

11. Найти максимальный поток минимальной стоимости (в таблице первое число - пропускная способность ребра, второе - стоимость)

-, 0	1, 7	3, 2	0, -	0, -	0, -
1, 6	-, 0	1, 4	9, 8	7, 2	0, -
3, 8	1, 4	-, 0	2, 7	1, 5	0, -
0, -	9, 6	2, 2	-, 0	1, 3	8, 3
0, -	8, 4	5, 5	3, 2	-, 0	3, 1
0, -	0, -	0, -	4, 6	7, 9	-, 0

12. В задаче 11 найти поток величины 2 минимальной стоимости.

Перечень типовых вопросов для проведения промежуточной аттестации по дисциплине в форме зачета

1. Понятие экстремума функции. Локальные и глобальные экстремумы. Необходимые и достаточные условия безусловного экстремума функции одной и нескольких переменных.
2. Задача поиска условного экстремума функции с ограничениями в виде равенств и неравенств. Математическое программирование. Задача линейного программирования.
3. Геометрический метод решения задачи линейного программирования.
4. Симплекс-метод решения задачи линейного программирования. Метод искусственного базиса.
5. Двойственные задачи линейного программирования. Двойственный симплекс-метод.
6. Анализ чувствительности моделей линейного программирования.
7. Примеры практических задач, сводящихся к задаче линейного программирования.
8. Транспортная задача. Сбалансированная и несбалансированные модели. Теорема о существовании решений транспортной задачи.

9. Методы построения начального решения в транспортной задаче. Метод потенциалов улучшения начального решения.
10. Транспортные задачи с вырожденным базисом. Задачи с несколькими транспортными потоками. Задачи с промежуточными (транзитными) узлами. Минимизация времени перевозок. Примеры.
11. Понятие задачи дискретного программирования. Целочисленное и булевое программирование. Сведение задачи дискретного программирования к булевой задаче.
12. Метод отсекающих плоскостей (метод Гомори) для решения задачи целочисленного программирования.
13. Метод ветвей и границ для решения задачи целочисленного программирования.
14. Общий метод решения булевой задачи.
15. Задача о назначениях.
16. Задача о коммивояжере.
17. Примеры практических задач, сводящихся к дискретному программированию.
18. Динамическое программирование. Принцип оптимальности Беллмана. Примеры задач динамического программирования.
19. Задача о кратчайших путях в сети.
20. Задача управления запасами.
21. Задача об инвестициях.
22. Задача о загрузке.
23. Задача о планировании рабочей силы.
24. Задача замены оборудования.
25. Постановка задачи о максимальном потоке. Понятие разреза (сечения) графа.
26. Лемма о потоке. Основная теорема о максимальном потоке и минимальном разрезе.
27. Следствия к основной теореме о максимальном потоке.
28. Решение задачи о максимальном потоке.
29. Случай нескольких источников и стоков. Наличие ограничений снизу на поток. Случай неориентированных сетей. Наличие пропускной способности на узлах.
30. Задача о спросе и предложении. Сведение к задаче о максимальном потоке.
31. Обобщение задачи о спросе и предложении (наличие дополнительных ограничений).
32. Задача о циркуляции. Сведение задачи к задаче о максимальном потоке.
33. Задача о потоке минимальной стоимости. Связь с транспортной задачей.
34. Сведение задачи о потоке минимальной стоимости к задаче о циркуляции.
35. Решение задачи о потоке минимальной стоимости.

- 36. Нахождение кратчайшего пути в графе.
- 37. Задача минимальной стоимости о спросе и предложении (задача о торговце).
- 38. Задача о поставщике.
- 39. Максимальный динамический поток. Сведение к статическому случаю.

Типовая задача для промежуточной аттестации

- 1. Найти неотрицательное решение задачи линейного программирования

$$\begin{aligned} & 3x_1 - 4x_2 \rightarrow \max \\ & x_1 - 2x_2 \geq -4, \quad x_1 + x_2 \leq 3, \quad -x_1 + 2x_2 \geq -2. \end{aligned}$$

10 Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методика преподавания дисциплины «Линейное и динамическое программирование» характеризуется совокупностью методов, приемов и средств обучения, обеспечивающих реализацию содержания и учебно-воспитательных целей дисциплины, которая может быть представлена как некоторая методическая система, включающая методы, приемы и средства обучения. Такой подход позволяет более качественно подойти к вопросу освоения дисциплины обучающимися.

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся по дисциплинам вообще и по дисциплине «Линейное и динамическое программирование» в частности. Будучи по содержанию теоретическими, прикладными и методическими, по данной дисциплине они являются *теоретическими*. По назначению: *вводными, тематическими и заключительными*.

Методика преподавания лекционного курса дисциплины строится на использовании конкретной, оптимальной для нее методической системы. Методическая система есть сумма методов, приемов и средств обучения. Основой для построения системы служат дидактические принципы высшей школы, педагогическая психология и обобщенный опыт преподавания дисциплины.

При проведении лекций преподаватель опирается на базовые знания студентов по общенаучным дисциплинам с тем, чтобы основное время уделить специфическим вопросам дисциплины, а не повторению пройденного ранее материала. В процессе подготовки к лекции и в ходе ее изложения важным является развитие интереса обучающихся к преподаваемой дисциплине.

Интерес к изучению учебного материала достигается на лекции применением *комплекса методических приемов*: четкой формулировкой темы, разъяснением важности знания учебного материала для дальнейшей практической деятельности; выделением в изучаемом материале главного; созданием на занятиях хорошего эмоционального настроения; использованием творческого характера заданий на самостоятельную работу, выдаваемых обучающимся.

В зависимости от специфики преподаваемых дисциплин практические занятия условно можно разделить на две группы. Основным содержанием первой группы занятий является решение задач, производство расчетов, разработка документов, выполнение графических и других работ, второй группы – овладение методикой анализа и принятия решений.

Любое практическое занятие начинается, как правило, с формулирования его целевых установок. Понимание обучающимися целей и задач занятия, его значения для специальной подготовки способствует повышению интереса к занятию и активизации работы по овладению учебным материалом.

Вслед за этим производится краткое рассмотрение основных теоретических положений, которые являются исходными для работы обучающихся на данном занятии. Обычно это делается в форме опроса обучающихся, который служит также средством контроля за их самостоятельной работой. Обобщение вопро-

сов теории может быть поручено также одному из обучаемых. В этом случае соответствующее задание дается заранее всей учебной группе, что служит дополнительным стимулом в самостоятельной работе. В заключении преподаватель дает оценку ответов обучаемых и приводит уточненную формулировку теоретических положений.

Основную часть практического занятия составляет работа обучаемых по выполнению учебных заданий под руководством преподавателя. Эффективность этой части занятия зависит от ряда условий. Прежде всего, требуется тщательная разработка учебных заданий. По своему содержанию каждое задание должно быть логическим развитием основной идеи дисциплины и учитывать специальность подготовки обучаемых. Наряду с этим в задании необходимо предусмотреть использование и закрепление знаний, навыков и умений, полученных при изучении смежных дисциплин, т.е. учесть принцип комплексности в обучении.

Практические занятия, закрепляя и углубляя знания, в то же время должны всемерно содействовать развитию мышления обучаемых. Наиболее успешно это достигается в том случае, когда учебное задание содержит элементы проблемности, т.е. возможность неоднозначных решений или ответов, побуждающих обучаемых самостоятельно рассуждать, искать ответы и т.п. Постановка на занятиях проблемных задач и вопросов требует соответствующей подготовки преподавателя. Готовясь к занятию, он должен заранее наметить все вопросы, имеющие проблемный характер, продумать четкую их формулировку и оптимальные варианты решения с активным участием обучаемых.

Лабораторная работа позволяет организовать учебную работу с реальными информационными объектами. Лабораторная работа как образовательная технология реализует следующие функции: овладение системой средств и методов практического исследования обучающимися, развитие творческих исследовательских умений обучающихся и расширение возможностей использования теоретических знаний для решения практических задач.

В современных условиях перед студентом стоит важная задача – научиться работать с массивами информации. Обучающимся необходимо развивать в себе способность и потребность использовать доступные информационные возможности и ресурсы для поиска нового знания и его распространения. Для достижения этой цели, в вузе организуется самостоятельная работа обучающихся. Кроме того, современное обучение предполагает, что существенную часть времени в освоении учебной дисциплины обучающийся проводит самостоятельно.

Завершающим этапом самостоятельной работы является подготовка к сдаче зачета по дисциплине, предполагающая интеграцию и систематизацию всех полученных при изучении учебной дисциплины знаний.

Зачет (промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины «Линейное и динамическое программирование») позволяет определить уровень освоения обучающимся компетенций (п. 9.5) за период изучения данной дисциплины. Зачет предполагает ответы на 2 теоретических вопроса из перечня вопросов, вынесенных на промежуточную аттестацию, а также решение задачи (п. 9.6).

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.03.04 «Прикладная математика».

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры №16 Прикладной математики

« 22 » декабря 2014 года, протокол № 5.

Разработчики:

к.ф.-м.н., доцент  Платонов А.В.
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы разработчиков)

Заведующий кафедрой № 8 Прикладной математики и информатики

к.т.н., доцент  Далингер Я.М.
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы заведующего кафедрой)

Программа согласована:

Руководитель ОПОП

к.т.н., доцент  Далингер Я.М.
(ученая степень, ученое звание, фамилия и инициалы руководителя ОПОП)

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Учебно-методического совета Университета « 21 » января 2015 года, протокол № 4.

С изменениями и дополнениями от «30» августа 2017 года, протокол № 10 (в соответствии с Приказом от 5 апреля 2017 г. № 301 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»).