



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

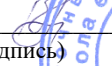
«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП  
Дискретная математика и математическая кибернетика

  
(подпись) Абрамов А.Л.  
(Ф.И.О)  
« 9 » июля 2020 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой  
математических методов в экономике

  
(подпись) Величко А.С.  
(Ф.И.О)  
« 9 » июля 2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Комбинаторная оптимизация**

Направление подготовки 01.06.01 Математика и механика

Профиль «Дискретная математика и математическая кибернетика»

Форма подготовки (очная)

курс  2  семестр  3,4   
лекции  18  час.  
практические занятия  18  час.  
лабораторные работы  не предусмотрены .  
с использованием МАО лек.  18  /пр.  18  /лаб.   час.  
всего часов контактной работы  36  час.  
в том числе с использованием МАО  36  час., в электронной форме   час.  
самостоятельная работа  108  час.  
в том числе на подготовку к экзамену  18  час.  
курсовая работа / курсовой проект   семестр  
зачет  3  семестр  
экзамен  4  семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 30.07.2014 № 866

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры математических методов в экономике, протокол № 12 от «7» июля 2020 г.

Заведующий (ая) кафедрой математических методов в экономике А.С.Величко

3

Составитель (ли): канд.тех.наук, профессор кафедры математических методов в экономике  
А.Л. Абрамов

**Оборотная сторона титульного листа**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры / академического департамента:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой / директор академического департамента

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры (академического департамента):**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Заведующий кафедрой / директор академического департамента

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(И.О. Фамилия)

## **Аннотация рабочей программы учебной дисциплины «Комбинаторная оптимизация»**

Дисциплина «Комбинаторная оптимизация» предназначена для аспирантов, обучающихся по образовательной программе направления подготовки – 01.06.01 Математика и механика, профиль «Дискретная математика и математическая кибернетика», форма подготовки очная и входит в вариативную часть, дисциплины по выбору учебного плана: Б1.В.ДВ

Трудоемкость – 4 з.е. (144 часа). Дисциплина включает в себя 36 часов лекций, 36 часов практических занятий и 108 часов самостоятельной работы, из которых 18 часов отводится на экзамен. Обучение осуществляется в 3 и 4 семестре. Формы промежуточной аттестации: зачет (3 семестр) и экзамен (4 семестр).

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 года № 866 и учебным планом подготовки аспирантов по профилю «Дискретная математика и математическая кибернетика».

**Цель** изучения дисциплины – развитие способности и готовности формулировать, равновесные и экстремальные задачи на сетях и графах, разрабатывать и реализовывать алгоритмы решения задач с помощью современных программных систем, оценивать работоспособность и эффективность алгоритмов, обосновывать адекватность используемых моделей.

### **Задачи:**

–освоить понятия, гипотезы, теоремы, физико-математические модели, численные алгоритмы и программы, методы экспериментального исследования свойств явлений, процессов, составляющие содержание дисциплины;

–уметь использовать полученные знания и умения в научно-производственной и социально-экономической сфере.

Для успешного изучения дисциплины «Комбинаторная оптимизация» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

–способность к абстрактному мышлению, анализу и синтезу;

–способность создавать и исследовать новые математические модели в естественных науках;

–готовность к саморазвитию, самореализацию, использованию творческого потенциала;

–способность находить, формулировать и решать актуальные и значимые проблемы фундаментальной и прикладной математики.

В результате изучения дисциплины у аспирантов формируются следующие профессиональные компетенции.

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-2 Способность и готовность формулировать равновесные и экстремальные задачи на сетях и графах, обнаруживать соответствующие явления в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях в рамках теории исследования операций, обосновывать адекватность используемых моделей	Знает	равновесные и экстремальные задачи на сетях и графах в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, методы обоснования адекватности используемых моделей
	Умеет	обнаруживать явления, моделируемые экстремальными постановками задач на сетях и графах, в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, обосновывать адекватность используемых моделей
	Владеет	методами решения равновесных и экстремальных задачи на сетях и графах в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, методами обоснования адекватности используемых моделей
ПК-3 Способность и готовность разрабатывать и реализовывать методы минимизации функций и алгоритмы решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров» в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях с помощью современных программных систем, оценивать работоспособность и эффективность алгоритмов	Знает	алгоритмы решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров», методы оценки работоспособности и эффективности алгоритмов
	Умеет	разрабатывать и реализовывать алгоритмы решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров» в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях с помощью современных программных систем, оценивать работоспособность и эффективность алгоритмов
	Владеет	методами проектирования и разработки алгоритмов решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров», методами оценки работоспособности и эффективности алгоритмов

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**(18 час., в том числе \_18\_ час. с использованием методов активного обучения)**

## **Раздел 1. Задачи оптимизации и двойственность (9 час.)**

### **Тема 1. Основные теоретические сведения (4 час.)**

Введение. Задачи оптимизации. Окрестности. Локальные и глобальные оптимумы. Элементы линейной алгебры. Основные понятия теории графов. Двойственная задача линейного программирования. Дополняющая нежесткость. Лемма Фаркаша. Задача о кратчайшем пути и двойственная ей задача. Двойственный симплекс-алгоритм.

*Интерактивная форма 4 часа проблемная лекция.*

### **Тема 2. Прямо-двойственный алгоритм (5 час.)**

Введение. Прямо-двойственный алгоритм. Прямо-двойственный метод в применении к задаче о кратчайшем пути. Прямо-двойственный метод в применении к задаче о максимальном потоке. Теорема о максимальном потоке и минимальном разрезе. Алгоритм пометок Форда-Фалкерсона. Алгоритм Флойда - Уоршелла. Прямо-двойственный метод в применении к задаче о потоке минимальной стоимости.

*Интерактивная форма 5 часов лекция-беседа.*

## **Раздел 2. Прямо-двойственная постановка задач на сетях и графах (9 час.)**

### **Тема 1. Задачи о паросочетании (5 час.)**

Алгоритм построения паросочетания в двудольном графе. Паросочетание в двудольном графе и поток в сети. Паросочетание в произвольном графе - цветки. Паросочетание в произвольном графе – алгоритм. Взвешенное паросочетание. Венгерский метод для задачи о назначениях. Задача о взвешенном паросочетании в произвольном графе. Остовные деревья и матроиды. Задача о минимальном остовном дереве. Жадный алгоритм. Матроиды. Пересечение двух матроидов. Алгоритм отсекающей плоскости для задач целочисленного линейного программирования. Отсечение Гомори. Лексикографическое упорядочения. Конечность дробного двойственного алгоритма.

*Интерактивная форма 5 часов лекция-беседа.*

### **Тема 2. Приближенные алгоритмы, NP-полные задачи и трудно решаемые проблемы (4 час.)**

Эвристики для задачи вершинном покрытии. Пример. Приближенные алгоритмы для задачи коммивояжера. Надежные сети минимальной стоимости. Топология прибрежной системы газопроводов. Равномерное разбиения графов. Деревья Штейнера. Временная сложность решения задач

дискретной оптимизации. Основные классы сложности (P, NP, NPC). NP-трудные задачи (задача о рюкзаке, задача коммивояжера). Полиномиальные сведения. Теорема Кука. Другие NP-полные задачи: клика и задача коммивояжера, сочетание, покрытие, разбиение.

*Интерактивная форма 4 часа научная дискуссия.*

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

**(18 час., в том числе 18 час. с использованием методов активного обучения)**

### **Практические занятия (18 /    час.)**

**Занятие 1-4. Задачи оптимизации (2 час.)**

**Занятие 5-8. Двойственная задача линейного программирования (2 час.)**

**Занятие 9-12. Прямо-двойственный метод в задаче о кратчайшем пути и максимальном потоке (2 час.)**

**Занятие 13-14. Прямо-двойственный метод в применении к задаче о потоке минимальной стоимости (1 час.)**

**Занятие 15-18. Задачи о паросочетании (2 час.)**

**Занятие 19-24. Остовные деревья и матроиды (3 час.)**

**Занятие 25-28. Приближенные алгоритмы для задачи коммивояжера (2 час.)**

**Занятие 29-36. NP-полные задачи (4 час.)**

## **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Комбинаторная оптимизация» представлено в приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

## **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛИ КУРСА**

3 семестр

			Оценочные средства
--	--	--	--------------------

№ п/п	Контролируемые Разделы / темы дисциплины	Коды, наименование и этапы формирования компетенций		текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Задачи оптимизации и двойственность	ПК-2; ПК-3	Знает	Собеседование, Творческое задание	Вопросы для подготовки к экзамену 1-4
			Умеет	Собеседование, Творческое задание	Вопросы для подготовки к экзамену 1-4
			Владеет	Собеседование, Творческое задание	Вопросы для подготовки к экзамену 1-4

#### 4 семестр

№ п/п	Контролируемые Разделы / темы дисциплины	Коды, наименование и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	текущий контроль	
2	Раздел 2. Прямодвойственная постановка задач на сетях и графах	ПК-2; ПК-3	Знает	Собеседование, Творческое задание	Вопросы для подготовки к экзамену 1-4
			Умеет	Собеседование, Творческое задание	Вопросы для подготовки к экзамену 1-4
			Владеет	Собеседование, Творческое задание	Вопросы для подготовки к экзамену 1-4
			Владеет	Собеседование, Творческое задание	Вопросы для подготовки к экзамену 8

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении 2.

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Горлач, Б.А. Исследование операций / Б.А. Горлая. — СПб. : Лань, 2013. — 442 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4865](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4865)

2. Есипов, Б.А. Методы исследования операций / Б.А. Есипов. — СПб.: Лань, 2013. — 300 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=10250](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=10250)

### Дополнительная литература

1. Певзнер, Л.Д. Практикум по математическим основам теории систем / Л.Д. Певзнер. — СПб.: Лань, 2013. — 400 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=10254](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=10254)

2. Ржевский, С.В. Исследование операций / С.В. Ржевский. — СПб.: Лань, 2013. — 476 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=32821](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=32821)

3. Кирсанов, М.Н. Графы в Maple. Задачи, алгоритмы, программы / М.Н. Кирсанов. — М.: Физматлит, 2006. — 168 с.

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2738](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2738)

### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Электронно-библиотечная система - <http://e.lanbook.com/>;
2. Студенческая электронная библиотека - <http://www.studentlibrary.ru/>;
3. Электронно-библиотечная система - <http://znanium.com/>;
4. Электронная библиотека - <http://www.nelbook.ru/>;
5. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>;
6. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>;
7. База данных полнотекстовых академических журналов Китая <http://oversea.cnki.net/>;
8. Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки <http://diss.rsl.ru/>;
9. Электронные базы данных EBSCO <http://search.ebscohost.com/>;

### Перечень информационных технологий и программного обеспечения

№ п/п	Место расположения компьютерной техники, на которой установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
1.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D733а. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Дата окончания 2020-06-30. Родительская программа Campus 3 49231495. Торговый посредник: JSC "Softline Trade" Номер заказа торгового посредника: Tr000270647-18.



	консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: компьютерный класс	
2.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D732. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Photoshop CC for teams All Apps ALL Multiple Platforms Multi European Languages Team Licensing Subscription Renewal №ЭА-667-17 от 08.02.2018. 07,

## VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе изучения дисциплины «Комбинаторная оптимизация» предлагаются разнообразные методы и средства освоения учебного материала: лекции, лабораторные работы, коллоквиумы, тестирование, самостоятельная работа аспирантов.

### Лекции

**Лекция** – основная активная форма аудиторных занятий, необходимая для разъяснения основополагающих теоретических Темеов. Предполагает интенсивную умственную деятельность аспиранта. Лекция носит познавательный, развивающий, воспитательный и организующий характер. Конспект лекций помогает усвоить теоретический материал дисциплины. При слушании лекции надо конспектировать ее рубрикации, терминологию, ключевые слова, определения, формулы, графические схемы. Конспект является полезным, когда он пишется самим аспирантом. Можно разработать собственную схему сокращения слов. Название тем, параграфов можно выделять цветными маркерами.

При домашней работе с конспектом лекций необходимо использовать основной учебник и дополнительную литературу, которые рекомендованы по данной дисциплине. Именно такая серьезная работа аспиранта с лекционным материалом позволяет достичь ему успехов в овладении новыми знаниями.

При изложении лекционного курса по дисциплине «Комбинаторная оптимизация» в качестве форм интерактивного обучения используются: лекция-беседа, лекция-визуализация, лекция пресс-консультация, которые строятся на базе предшествующих знаний и знаний смежных дисциплин. Для иллюстрации словесной информации применяются презентации, интерактивная доска, таблицы, схемы. По ходу изложения лекционного материала ставятся проблемные и провоцирующие вопросы, включаются элементы дискуссии.

**Лекция-визуализация.** Чтение лекции сопровождается компьютерной презентацией с базовыми текстами (заголовки, формулировки, ключевые слова и термины), иллюстрациями микроскопических и ультрамикроскопических изображений клеток и тканей, рисованием схем и

написанием формул на интерактивной доске, производится демонстрация наглядных таблиц и слайдов, что способствует лучшему восприятию излагаемого материала. Лекция - визуализации требует определенных навыков: словесное изложение материала должно сопровождаться и сочетаться с визуальной формой. Информация, изложенная в виде схем, таблиц, слайдов, позволяет формировать проблемные вопросы и способствует развитию профессионального мышления будущих специалистов.

**Лекция-беседа** – «диалог с аудиторией» – является распространенной формой интерактивного обучения и позволяет непосредственно вовлекать аспирантов в учебный процесс, так как создает прямой контакт преподавателя с аудиторией. Такой контакт достигается по ходу лекции, когда аспирантам задаются вопросы проблемного, провоцирующего или информационного характера или когда аспирантам самим предлагается задавать вопросы. Вопросы предлагаются всей аудитории, и любой из аспирантов может предложить свой ответ, другой может его дополнить. При этом от лекции к лекции выявляются активные и пассивные аспиранты, преподаватель по возможности активизирует аспирантов, которые не участвуют в работе. Такая форма лекции позволяет вовлечь всех аспирантов в работу, активизировать их внимание, мышление, получить коллективный опыт, научиться формировать вопросы. Преимущество лекции-беседы состоит в том, что она позволяет привлекать внимание аспирантов к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения учебного материала.

**Лекция-консультация.** Преподаватель делает краткое (тезисное) сообщение. Аспиранты задают вопросы, на которые отвечает преподаватель и другие аспиранты. На основе вопросов и ответов разворачивается творческая дискуссия.

### **Практические занятия**

**Лабораторные работы.** Лабораторные работы повышают качество обучения, способствуют развитию познавательной активности у аспирантов, их логического мышления и творческой самостоятельности. В процессе выполнения лабораторных работ углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается умение применять их на практике. Аспирант учится правильно использовать методы, видеть их достоинства и недостатки, получает неоценимый опыт по использованию данных методов. Все это позволяет глубже понять теоретические Комбинаторная оптимизация. Формируются навыки научно-исследовательской работы и профессиональные компетенции.

**Коллоквиумы.** Коллоквиум – коллективная форма рассмотрения и закрепления учебного материала. Коллоквиумы являются одним из видов практических занятий, предназначенных для углубленного изучения дисциплины, проводятся в интерактивном режиме. На занятиях по теме коллоквиума разбираются вопросы, и затем вместе с преподавателем проводится их обсуждение, которое направлено на закрепление материала,

формирование навыков вести полемику, развитие самостоятельности и критичности мышления, на способность аспирантов ориентироваться в больших информационных потоках, вырабатывать и отстаивать собственную позицию по проблемным вопросам учебной дисциплины.

В качестве методов интерактивного обучения на коллоквиумах используются: развернутая беседа, диспут, пресс-конференция.

**Развернутая беседа** предполагает подготовку аспирантов по каждому вопросу плана занятия с единым для всех перечнем рекомендуемой обязательной и дополнительной литературы. Доклады готовятся аспирантами по заранее предложенной тематике.

**Диспут** в группе имеет ряд достоинств. Диспут может быть вызван преподавателем в ходе занятия или же заранее планируется им. В ходе полемики аспиранты формируют у себя находчивость, быстроту мыслительной реакции.

**Пресс-конференция.** Преподаватель поручает нескольким аспирантам подготовить краткие (тезисные) сообщения. После докладов аспиранты задают вопросы, на которые отвечают докладчики и другие члены экспертной группы. На основе вопросов и ответов развертывается творческая дискуссия вместе с преподавателем.

**Контрольные тесты.** Используется бланковое или компьютерное тестирование в режиме выбора правильных ответов, установления соответствия понятий, обозначения деталей на схемах и прочее.

Возможны также письменные контрольные работы в форме традиционных письменных ответов на ряд вопросов по пройденной теме, изложенной в лекциях и обсужденной на коллоквиумах. Несмотря на произвольность формы, в ответах обязательно использование терминов, ключевых слов и понятий, а при необходимости схем и формул. По некоторым темам предлагается решение задач.

### **Методические указания по работе с литературой**

Надо составить первоначальный список источников. Основой может стать список литературы, рекомендованный в рабочей программе курса. Для удобства работы можно составить собственную картотеку отобранных источников (фамилия авторов, заглавие, характеристики издания) в виде рабочего файла в компьютере. Такая картотека имеет преимущество, т.к. она позволяет добавлять источники, заменять по необходимости одни на другие, Первоначальный список литературы можно дополнить, используя электронный каталог библиотеки ДВФУ, при этом не стесняйтесь обращаться за помощью к сотрудникам библиотеки.

Работая с литературой по той или другой теме, надо не только прочитать, но и усвоить метод ее изучения: сделать краткий конспект, алгоритм, схему прочитанного материала, что позволяет быстрее его понять, запомнить. Не рекомендуется дословно переписывать текст.

## VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п\п	Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D733а. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: компьютерный класс	Компьютер (твердотельный диск - объемом 128 ГБ; жесткий диск - объем 1000 ГБ; форм-фактор - Tower; комплектуется клавиатурой, мышью, монитором АОС i2757Fm; комплектом шнуров эл. питания) модель - M93p1 - 13 шт
2.	690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус D, ауд. D732. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.	Мультимедийное оборудование: Экран проекционный Projecta Elpro Large Electron, 300x173 см, размер рабочей области 290x163– 1 шт; Документ-камера Avergence CP 355 AF– 1 шт; Мультимедийный проектор, Mitsubishi FD630U, 4000 ANSI Lumen, 1920x1080– 1 шт; Сетевая видеочкамера Multipix MP-HD718– 1 шт; ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA– 1 шт; ЖК-панель 42", Full HD, LG M4214 CCBA– 1 шт; ЖК-панель 42", Full HD, LG M4214 CCBA– 1 шт;



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Комбинаторная оптимизация»**  
Направление подготовки *01.06.01 Математика и механика*  
Профиль «*Дискретная математика и математическая кибернетика*»  
Форма подготовки (очная)

**Владивосток  
2020**

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1.	1-4 неделя	Изучение материала лекции, учебника, подготовка к собеседованию, сдаче творческого задания.	12	Опрос перед началом занятия. Принятие сообщения о полученных результатах.
2.	5-8 неделя	Изучение материала лекции, учебника, подготовка к собеседованию, сдаче творческого задания.	12	Опрос перед началом занятия. Принятие сообщения о полученных результатах..
3.	9-13 неделя	Изучение материала лекции, учебника, подготовка к собеседованию, лабораторным работам, сдаче творческого задания.	10	Опрос перед началом занятия. Принятие сообщения о полученных результатах.
4.	14-16 неделя	Изучение материала лекции, учебника, подготовка к собеседованию, лабораторным работам, сдаче творческого задания. Выполнение отчётов по лабораторным работам.	10	Опрос перед началом занятия. Принятие сообщения о полученных результатах.
5.	17-18 неделя	Подготовка к сдаче зачета в форме коллоквиума. Ответы на вопросы преподавателя.	10	Принятие реферата. Сдача зачета в форме коллоквиума. Принятие сообщения о полученных результатах.
		ИТОГО	54	

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1.	1-4 неделя	Изучение материала лекции, учебника, подготовка к собеседованию, сдаче творческого задания.	9	Опрос перед началом занятия. Принятие сообщения о полученных результатах.
2.	5-8 неделя	Изучение материала лекции, учебника, подготовка к собеседованию, сдаче творческого задания.	9	Опрос перед началом занятия. Принятие сообщения о полученных результатах..
3.	9-13 неделя	Изучение материала лекции, учебника, подготовка к собеседованию, лабораторным работам, сдаче творческого задания.	9	Опрос перед началом занятия. Принятие сообщения о полученных результатах.

4.	14-16 неделя	Изучение материала лекции, учебника, подготовка к собеседованию, лабораторным работам, сдаче творческого задания. Выполнение отчётов по лабораторным работам.	9	Опрос перед началом занятия. Принятие сообщения о полученных результатах.
5.	17-18 неделя	Подготовка к сдаче экзамена.	18	Принятие реферата. Сдача зачета в форме коллоквиума. Принятие сообщения о полученных результатах.
		ИТОГО	54	

### **Методические рекомендации к самостоятельной работе аспиранта**

Текущий контроль результатов самостоятельной работы осуществляется в ходе проведения лабораторных работ (устный опрос), коллоквиумов и тестирования. На основании этих результатов аспирант получает текущие и зачетные оценки, по которым выводится итоговая оценка. Промежуточная (семестровая) аттестация проводится в форме устного зачета.

### **Методические указания по подготовке к лабораторным работам и их выполнению**

К лабораторным работам аспирант должен подготовиться: повторить лекционный материал, прочитать нужный Тема по теме в учебнике.

Занятие начинается с краткого устного опроса по заданной теме. Далее аспиранты работают с конкретными методами.

Для занятий необходимо иметь халат и сменную обувь. Необходимо освоить технику безопасности при работе со всеми используемыми на занятии методами, правильно оценить, сколько необходимо реактивов и расходных материалов для работы. Только после этого аспирант может начинать непосредственно работать с поставленной задачей. В конце занятия аспирант предоставляет преподавателю отчет по результатам проделанной работы с выводами.

Ответы на вопросы, выступления и активность аспирантов на занятии оцениваются текущей оценкой.

### **Методические указания по подготовке к коллоквиумам**

Поскольку коллоквиум является коллективной формой рассмотрения и закрепления учебного материала, к нему должны готовиться все аспиранты. Коллоквиум обычно проводится в форме развернутой беседы, диспута, пресс-конференции. На каждый коллоквиум заранее объявляется тема и перечень вопросов для устных сообщений. По всем вопросам надо проработать соответствующий материал из учебника, конспекта лекций, дополнительной литературы и соответствующей лабораторной работы. Преподаватель объявляет вопрос и предлагает сделать сообщение на 5-7 минут одному из

аспирантов – либо по их желанию, либо по своему выбору. После сообщения преподаватель и аспиранты задают вопросы и выступают с дополнениями и комментариями.

Ответы на вопросы, выступления и активность аспирантов на занятии оцениваются текущей оценкой.

### **Методические указания по подготовке доклада**

По отдельным темам на коллоквиумах могут делаться более емкие и глубокие доклады – до 15-20 минут. Тема доклада может быть предложена преподавателем или выбрана аспирантом самостоятельно.

При подготовке к докладу проводится подбор литературных источников по теме из рекомендуемой основной и дополнительной литературы, а также работа с ресурсами информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», указанными в рабочей программе.

Работа с текстом научных книг и учебников состоит не только в прочтении материала, необходимо провести анализ, сравнить изложение материала в разных источниках, подобрать материал таким образом, чтобы он раскрывал тему доклада. Проанализированный материал конспектируют, при этом надо избегать простого переписывания текстов без каких либо комментариев и анализа. Прямое заимствование текстов других авторов в науке не допускается, оно определяется как плагиат и является наказуемым. Цитирование небольших фрагментов (со ссылкой на автора) допускается, если надо подчеркнуть стиль или сущность авторского определения, но злоупотреблять чужими текстами нельзя. Доклад должен быть выстроен логично, материал излагается цельно, связно и последовательно, делаются выводы. Желательно, чтобы аспирант мог выразить своё мнение по обсуждаемой проблеме. Необходимо заранее продумать схемы для иллюстрации на доске или приготовить их в форме компьютерной презентации. В докладе обязательно необходимо использовать термины и ключевые слова по данной теме. После доклада проводится обсуждение с дополнениями и поправками. Оценивается как качество доклада, так и активность участников дискуссии.





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Комбинаторная оптимизация»**  
Направление подготовки *01.06.01 Математика и механика*  
Профиль «*Дискретная математика и математическая кибернетика*»  
Форма подготовки (очная/заочная)

**Владивосток**  
**2020**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<p>ПК-2 Способность и готовность формулировать равновесные и экстремальные задачи на сетях и графах, обнаруживать соответствующие явления в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях в рамках теории исследования операций, обосновывать адекватность используемых моделей</p>	Знает	равновесные и экстремальные задачи на сетях и графах в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, методы обоснования адекватности используемых моделей
	Умеет	обнаруживать явления, моделируемые экстремальными постановками задач на сетях и графах, в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, обосновывать адекватность используемых моделей
	Владеет	методами решения равновесных и экстремальных задачи на сетях и графах в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, методами обоснования адекватности используемых моделей
<p>ПК-3 Способность и готовность разрабатывать и реализовывать методы минимизации функций и алгоритмы решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров» в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях с помощью современных программных систем, оценивать работоспособность и эффективность алгоритмов</p>	Знает	алгоритмы решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров», методы оценки работоспособности и эффективности алгоритмов
	Умеет	разрабатывать и реализовывать алгоритмы решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров» в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях с помощью современных программных систем, оценивать работоспособность и эффективность алгоритмов
	Владеет	методами проектирования и разработки алгоритмов решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров», методами оценки работоспособности и эффективности алгоритмов

### 3 семестр

№ п/п	Контролируемые Разделы / темы дисциплины	Коды, наименование и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Задачи оптимизации и двойственность	ПК-2; ПК-3	Знает	Собеседование, Творческое задание	Вопросы для подготовки к экзамену 1-4
			Умеет	Собеседование, Творческое задание	Вопросы для подготовки к экзамену 1-4
			Владеет	Собеседование, Творческое задание	Вопросы для подготовки к экзамену 1-4

### 4 семестр

№ п/п	Контролируемые Разделы / темы дисциплины	Коды, наименование и этапы формирования компетенций		Оценочные средства	Оценочные средства
				текущий контроль	текущий контроль
2	Раздел 2. Прямодвойственная постановка задач на сетях и графах	ПК-2; ПК-3	Знает	Собеседование, Творческое задание	Вопросы для подготовки к экзамену 1-4
			Умеет	Собеседование, Творческое задание	Вопросы для подготовки к экзамену 1-4
			Владеет	Собеседование, Творческое задание	Вопросы для подготовки к экзамену 1-4
			Владеет	Собеседование, Творческое задание	Вопросы для подготовки к экзамену 8

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-2 Способность и готовность формулировать	знает (пороговый уровень)	равновесные и экстремальные задачи на сетях и графах в экономических,	сформированные представления о равновесных и экстремальных задачах на сетях и	Способность представления о равновесных и экстремальных задачах

<p>вать равновесные и экстремальные задачи на сетях и графах, обнаруживать соответствующие явления в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях в рамках теории исследования операций, обосновывать адекватность используемых моделей</p>		<p>финансовых, социальных и информационных сетях, методы обоснования адекватности используемых моделей</p>	<p>графах в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, методах обоснования адекватности используемых моделей</p>	<p>на сетях и графах в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, методах обоснования адекватности используемых моделей</p>
	<p>умеет (продвинутый)</p>	<p>обнаруживать явления, моделируемые экстремальными постановками задач на сетях и графах, в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, обосновывать адекватность используемых моделей</p>	<p>отбор и использование явлений, моделируемых экстремальными постановками задач на сетях и графах, в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, обоснование адекватности используемых моделей</p>	<p>Способность отбора и использования явлений, моделируемых экстремальными постановками задач на сетях и графах, в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, обоснование адекватности используемых моделей</p>
	<p>владеет (высокий)</p>	<p>методами решения равновесных и экстремальных задачи на сетях и графах в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, методами обоснования адекватности используемых моделей</p>	<p>владение методами решения равновесных и экстремальных задачи на сетях и графах в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, методами обоснования адекватности используемых моделей</p>	<p>Способность владения методами решения равновесных и экстремальных задачи на сетях и графах в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях, методами обоснования адекватности используемых моделей</p>
<p>ПК-3 Способность и готовность разрабатывать и реализовывать методы минимизации</p>	<p>знает (пороговый уровень)</p>	<p>алгоритмы решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров», методы</p>	<p>сформированные представления об алгоритмах решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения</p>	<p>Способность представления об алгоритмах решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров»,</p>

ии функций и алгоритмы решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров» в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях с помощью современных программных систем, оценивать работоспособность и эффективность алгоритмов		оценки работоспособности и эффективности алгоритмов	явления «малых миров», методах оценки работоспособности и эффективности алгоритмов	методах оценки работоспособности эффективности алгоритмов
	умеет (продвинутый)	разрабатывать и реализовывать алгоритмы решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров» в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях с помощью современных программных систем, оценивать работоспособность и эффективность алгоритмов	отбор и использование алгоритмов решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров» в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях с помощью современных программных систем, оценка работоспособности и эффективности алгоритмов	Способность отбора и использования алгоритмов решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров» в экономических, финансовых, социальных и информационных сетях с помощью современных программных систем, оценка работоспособности эффективности алгоритмов
	владеет (высокий)	методами проектирования и разработки алгоритмов решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров», методами оценки работоспособности и эффективности алгоритмов	владение методами проектирования и разработки алгоритмов решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров», методами оценки работоспособности и эффективности алгоритмов	способность владения методами проектирования и разработки алгоритмов решения равновесных и экстремальных задач на сетях и графах и задач обнаружения явления «малых миров», методами оценки работоспособности эффективности алгоритмов

## Оценочные средства для промежуточной аттестации

3 семестр

**Вопросы для подготовки к зачёту**  
по дисциплине «Комбинаторная оптимизация»

1. Задачи оптимизации.
2. Двойственная задача линейного программирования.
3. Прямо-двойственный метод в задаче о кратчайшем пути и максимальном потоке.
4. Прямо-двойственный метод в применении к задаче о потоке минимальной стоимости.

#### 4 семестр

### **Вопросы для подготовки к экзамену по дисциплине «Комбинаторная оптимизация»**

1. Задачи о паросочетании.
2. Остовные деревья и матроиды.
3. Приближенные алгоритмы для задачи коммивояжера.
4. NP-полные задачи.

### **Оценочные средства для текущего контроля**

#### 3 семестр

### **Вопросы для коллоквиума, собеседования по дисциплине «Комбинаторная оптимизация»**

#### **Раздел 1. Задачи оптимизации и двойственность**

##### **Тема 1. Основные теоретические сведения**

1. Задачи оптимизации. Локальные и глобальные оптимумы.
2. Основные понятия теории графов.
3. Двойственная задача линейного программирования.
4. Дополняющая нежесткость. Лемма Фаркаша.
5. Задача о кратчайшем пути и двойственная ей задача.
6. Двойственный симплекс-алгоритм.

##### **Тема 2. Прямо-двойственный алгоритм**

1. Прямо-двойственный метод в применении к задаче о кратчайшем пути.
2. Прямо-двойственный метод в применении к задаче о максимальном потоке.
3. Теорема о максимальном потоке и минимальном разрезе.
4. Алгоритм пометок Форда-Фалкерсона.
5. Алгоритм Флойда-Уоршелла.
6. Прямо-двойственный метод в применении к задаче о потоке минимальной стоимости.

### **Темы индивидуальных творческих проектов по дисциплине «Комбинаторная оптимизация»**

1. Задачи оптимизации. Локальные и глобальные оптимумы.
2. Основные понятия теории графов.

3. Двойственная задача линейного программирования.
4. Дополняющая нежесткость. Лемма Фаркаша.
5. Задача о кратчайшем пути и двойственная ей задача.
6. Двойственный симплекс-алгоритм.
7. Прямо-двойственный метод в применении к задаче о кратчайшем пути.
8. Прямо-двойственный метод в применении к задаче о максимальном потоке.
9. Теорема о максимальном потоке и минимальном разрезе.
10. Алгоритм пометок Форда-Фалкерсона.
11. Алгоритм Флойда-Уоршелла.
12. Прямо-двойственный метод в применении к задаче о потоке минимальной стоимости.
13. Алгоритм построения паросочетания в двудольном графе.
14. Паросочетание в двудольном графе и поток в сети.
15. Паросочетание в произвольном графе – цветки.
16. Паросочетание в произвольном графе – алгоритм.
17. Взвешенное паросочетание.
18. Венгерский метод для задачи о назначениях.
19. Задача о взвешенном паросочетании в произвольном графе.
20. Остовные деревья и матроиды.

4 семестр

**Вопросы для коллоквиума, собеседования**  
по дисциплине «Комбинаторная оптимизация»

**Раздел 2. Исследование операций**

**Тема 3. Задачи о паросочетании**

1. Алгоритм построения паросочетания в двудольном графе.
2. Паросочетание в двудольном графе и поток в сети.
3. Паросочетание в произвольном графе – цветки.
4. Паросочетание в произвольном графе – алгоритм.
5. Взвешенное паросочетание.
6. Венгерский метод для задачи о назначениях.
7. Задача о взвешенном паросочетании в произвольном графе.
8. Остовные деревья и матроиды.
9. Задача о минимальном остовном дереве.
10. Жадный алгоритм.
11. Матроиды.
12. Пересечение двух матроидов.
13. Алгоритм отсекающей плоскости для задач целочисленного линейного программирования.
14. Отсечение Гомори.
15. Лексикографическое упорядочения.

16. Конечность дробного двойственного алгоритма.

#### **Тема 4. Приближенные алгоритмы, NP-полные задачи и трудно решаемые проблемы**

1. Эвристики для задачи вершинном покрытии.
2. Приближенные алгоритмы для задачи коммивояжера.
3. Надежные сети минимальной стоимости.
4. Топология прибрежной системы газопроводов.
5. Равномерное разбиения графов.
6. Деревья Штейнера.
7. Временная сложность решения задач дискретной оптимизации.
8. Основные классы сложности (P, NP, NPC).
9. NP–трудные задачи (задача о рюкзаке, задача коммивояжера).
10. Полиномиальные сведения.
11. Теорема Кука.
12. Другие NP-полные задачи: клика и задача коммивояжера, сочетание, покрытие, разбиение.

#### **Темы индивидуальных творческих проектов по дисциплине «Комбинаторная оптимизация»**

1. Задача и минимальном остовном дереве.
2. Жадный алгоритм.
3. Матроиды.
4. Пересечение двух матроидов.
5. Алгоритм отсекающей плоскости для задач целочисленного линейного программирования.
6. Отсечение Гомори.
7. Лексикографическое упорядочения.
8. Конечность дробного двойственного алгоритма.
9. Эвристики для задачи вершинном покрытии.
10. Приближенные алгоритмы для задачи коммивояжера.
11. Надежные сети минимальной стоимости.
12. Топология прибрежной системы газопроводов.
13. Равномерное разбиения графов.
14. Деревья Штейнера.
15. Временная сложность решения задач дискретной оптимизации.
16. Основные классы сложности (P, NP, NPC).
17. NP–трудные задачи (задача о рюкзаке, задача коммивояжера).
18. Полиномиальные сведения.
19. Теорема Кука.
20. Другие NP-полные задачи: клика и задача коммивояжера, сочетание, покрытие, разбиение.