МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Методы оптимальных решений

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **27.03.04 Управление в технических системах**
Направленность (профиль): **Управление в технических системах**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФВС, Факультет вычислительных систем**
Кафедра: **КСУП, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2014 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	16	16	часов
2	Лабораторные занятия	38	38	часов
3	Всего аудиторных занятий	54	54	часов
4	Из них в интерактивной форме	12	12	часов
5	Самостоятельная работа	54	54	часов
6	Всего (без экзамена)	108	108	часов
7	Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
8	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 12818

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 11 от «16» 1 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 27.03.04 Управление в технических системах, утвержденного 2015-10-20 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчики:

доцент каф. КСУП _____ Шеерман Ф. И.

Заведующий обеспечивающей каф.
КСУП _____ Шурыгин Ю. А.

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан ФВС _____ Козлова Л. А.

Заведующий выпускающей каф.
КСУП _____ Шурыгин Ю. А.

Эксперты:

доцент каф. КСУП _____ Хабибулина Н. Ю.

Согласована на портале № 12818

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Цель курса состоит в изучении общих принципов оптимального проектирования технических объектов (ТО), методов и алгоритмов оптимизации, современных программных средств решения задач оптимизации.

1.2. Задачи дисциплины

– Сформировать у студентов комплексные знания и практические навыки в области решения задач оптимизации;

– Научить применять на практике полученные знания для решения задач оптимизации при проектировании технических объектов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Методы оптимальных решений» (Б1.В.ДВ.9.2) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Дискретная математика, Математическая логика и теория алгоритмов, Методы принятия проектных решений.

Последующими дисциплинами являются: .

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-1 способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;

– ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

– ПК-1 способностью выполнять эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств;

– ПК-2 способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления;

– ПК-19 способностью организовывать работу малых групп исполнителей;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** Математические основы теории оптимизации, основные методы и алгоритмы решения задач оптимизации;

– **уметь** Формулировать задачи оптимального проектирования ТО, разрабатывать алгоритмы и программы оптимизации ТО;

– **владеть** Навыками решения задач оптимизации ТО с помощью современных математических пакетов.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		8 семестр
Аудиторные занятия (всего)	54	54
Лекции	16	16
Лабораторные занятия	38	38
Из них в интерактивной форме	12	12

Согласована на портале № 12818

Самостоятельная работа (всего)	54	54
Оформление отчетов по лабораторным работам	44	44
Подготовка к лабораторным работам	10	10
Всего (без экзамена)	108	108
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость ч	144	144
Зачетные Единицы Трудоемкости	4.0	4.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
8 семестр					
1 Введение в методы оптимизации	2	0	10	12	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2
2 Методы одномерной оптимизации	2	8	10	20	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2
3 Методы оптимизации функций многих переменных	4	10	10	24	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2
4 Методы оптимизации функций с учетом ограничений	4	10	10	24	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2
5 Методы многокритериальной оптимизации	4	10	14	28	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2
Итого за семестр	16	38	54	108	
Итого	16	38	54	108	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции

Согласована на портале № 12818

8 семестр			
1 Введение в методы оптимизации	Задачи оптимального проектирования. Основные понятия теории оптимизации. Принцип оптимальности в природе и технике. История развития теории оптимизации. Место оптимизации в САПР.	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2
	Итого	2	
2 Методы одномерной оптимизации	Методы одномерной оптимизации. Свойства функций одной переменной. Унимодальные функции. Выпуклые функции. Условие Липшица. Классический метод оптимизации функции одной переменной.	2	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2
	Итого	2	
3 Методы оптимизации функций многих переменных	Методы безусловной оптимизации функций многих переменных.Свойства функций многих переменных. Разложение в ряд Тейлора. Необходимые и достаточные условия минимума функции многих переменных. Классический метод оптимизации.Градиентные методы. Случайный поиск.	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19
	Итого	4	
4 Методы оптимизации функций с учетом ограничений	Методы оптимизации функций с учетом ограничений. Задачи с ограничениями типа равенств. Метод множителей Лагранжа. Условия оптимальности r задачах с ограничениями-неравенствами. Условия Куна-Таккера. Сведение к задачам безусловной оптимизации. Учет простых ограничений. Методы штрафных и барьерных функций.	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2
	Итого	4	
5 Методы многокритериальной оптимизации	Методы многокритериальной оптимизации (МКО).Многокритериальные задачи в проектировании технических систем.Математическая формулировка задачи МКО. Сравнение векторов. Парето-оптимальные решения. Этапы решения многокритериальных задач. Формирование обобщенной целевой функции.	4	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		16	

Согласована на портале № 12818

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представ-лены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин				
	1	2	3	4	5
Предшествующие дисциплины					
1 Дискретная математика	+	+	+	+	+
2 Математическая логика и теория алгоритмов	+	+	+	+	+
3 Методы принятия проектных решений	+	+	+	+	+

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Таблица 5. 4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лекции	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	
ОПК-1	+	+	+	Экзамен, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе
ОПК-2	+	+	+	Экзамен, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе
ПК-1	+	+	+	Экзамен, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе
ПК-2	+	+	+	Экзамен, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе
ПК-19	+	+	+	Экзамен, Компонент своевременности, Отчет по лабораторной работе

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Согласована на портале № 12818

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные лабораторные занятия	Интерактивные лекции	Всего
8 семестр			
Презентации с использованием мультимедиа с обсуждением		2	2
Исследовательский метод	10		10
Итого за семестр:	10	2	12
Итого	10	2	12

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Содержание лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
2 Методы одномерной оптимизации	Исследование методов одномерной оптимизации (методы дихотомии, золотого сечения)	8	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2
	Итого	8	
3 Методы оптимизации функций многих переменных	Безусловная минимизация функций нескольких переменных в системе MATLAB (сравнение градиентного метода BFGS и симплексного метода Нелдера-Мида)	10	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2
	Итого	10	
4 Методы оптимизации функций с учетом ограничений	Минимизация функций нескольких переменных с учетом ограничений в системе MATLAB (метод штрафных функций)	10	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2
	Итого	10	
5 Методы многокритериальной оптимизации	Решение задач многокритериальной оптимизации и многокритериального выбора в системе MATLAB	10	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2
	Итого	10	
Итого за семестр		38	

8. Практические занятия (семинары)

Не предусмотрено РУП

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Согласована на портале № 12818

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
8 семестр				
1 Введение в методы оптимизации	Подготовка к лабораторным работам	10	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2	Отчет по лабораторной работе
	Итого	10		
2 Методы одномерной оптимизации	Оформление отчетов по лабораторным работам	10	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2	Отчет по лабораторной работе
	Итого	10		
3 Методы оптимизации функций многих переменных	Оформление отчетов по лабораторным работам	10	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2	Отчет по лабораторной работе
	Итого	10		
4 Методы оптимизации функций с учетом ограничений	Оформление отчетов по лабораторным работам	10	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2	Отчет по лабораторной работе
	Итого	10		
5 Методы многокритериальной оптимизации	Оформление отчетов по лабораторным работам	14	ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-19, ПК-2	Отчет по лабораторной работе
	Итого	14		
Итого за семестр		54		
	Подготовка к экзамену / зачету	36		Экзамен
Итого		90		

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
8 семестр				
Компонент	10	10	10	30

Согласована на портале № 12818

своевременности				
Отчет по лабораторной работе	15	11	14	40
Итого максимум за период	25	21	24	70
Экзамен				30
Нарастающим итогом	25	46	70	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Лесин В.В., Лисовец Ю.П. Основы методов оптимизации: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во «Лань», 2011. – 352с. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/view/book/1552

12.2. Дополнительная литература

1. Б.Банди. Методы оптимизации: вводный курс. -М.: Радио и связь, 1988. -128с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 18 экз.)

2. А. А. Мицель, А. А. Шелестов. Методы оптимизации: учебное пособие: в 2 ч. / Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра автоматизированных систем управления. - Томск : ТМЦДО, 2002 - Ч.1. – 192 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 9 экз.)

3. А. А. Мицель, А. А. Шелестов. Методы оптимизации: учебное пособие: в 2 ч. / Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра автоматизированных систем управления. – Томск : ТМЦДО, 2002 – Ч.2. – 73 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 11 экз.)

Согласована на портале № 12818

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Бабак Л.И., Черкашин М.В. Методы оптимизации в САПР / Учебно-методическое обеспечение. – 2007 г. – 119 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.kcup.tusur.ru/index.php?module=mod_methodic&command=view&id=138, дата обращения: 01.02.2017.
2. Бабак Л.И., Черкашин М.В. Методы оптимизации в САПР / Учебно-методическое обеспечение. – 2015 г. –Методические указания для лабораторных работ С.27-69 [Электронный ресурс]. - http://www.kcup.tusur.ru/index.php?module=mod_methodic&command=view&id=138
3. Бабак Л.И., Черкашин М.В. Методы оптимизации в САПР / Учебно-методическое обеспечение. – 2015 г. – Методические указания для самостоятельной работы С.73-74 [Электронный ресурс]. - http://www.kcup.tusur.ru/index.php?module=mod_methodic&command=view&id=138

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Википедия. - https://ru.wikipedia.org/
2. ALGLIB. - http://alglib.sources.ru/

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для реализации программы учебной дисциплины требуется аудитория, оснащенная мультимедийным проектором; для выполнения лабораторных работ – компьютерная лаборатория.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 3 этаж, ауд. 329. Состав оборудования: Учебная мебель; Компьютеры класса не ниже Intel Pentium G3220 (3.0GHz/4Mb)/4GB RAM/ 500GB с широкополосным доступом в Internet, с мониторами типа Samsung 18.5" S19C200N– 11 шт.; Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3; Visual Studio 2008 EE with SP1; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft SQL-Server 2005; Matlab v6.5

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634034, г. Томск, ул. Вершинина, 74, 3 этаж, ауд. 321. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 10 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Согласована на портале № 12818

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;

Согласована на портале № 12818

– предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 12818

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Методы оптимальных решений

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **27.03.04 Управление в технических системах**
Направленность (профиль): **Управление в технических системах**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **ФВС, Факультет вычислительных систем**
Кафедра: **КСУП, Кафедра компьютерных систем в управлении и проектировании**
Курс: **4**
Семестр: **8**

Учебный план набора 2014 года

Разработчики:

- доцент каф. КСУП Шеерман Ф. И.

Экзамен: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 12818

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики	Должен знать Математические основы теории оптимизации, основные методы и алгоритмы решения задач оптимизации;; Должен уметь Формулировать задачи оптимального проектирования ТО, разрабатывать алгоритмы и программы оптимизации ТО;; Должен владеть Навыками решения задач оптимизации ТО с помощью современных математических пакетов.;
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	
ПК-1	способностью выполнять эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств	
ПК-2	способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления	
ПК-19	способностью организовывать работу малых групп исполнителей	

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое

Согласована на портале № 12818

		области исследования	поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-1

ОПК-1: способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	принципы и типовые примеры моделирования практических задач оптимизации; - классификацию методов безусловной и условной оптимизации; - типовые алгоритмы решения задач безусловной оптимизации, линейного и целочисленного программирования, условной оптимизации функций, многокритериальных задач; -понятия «модели», «моделирование», «классификация моделей»;	выбирать целесообразные математические модели и предпочтительные методы решения оптимизационных задач, осуществлять постановку задач оптимизации; применять изученные методы при решении задач оптимального проектирования, исследовать свойства полученного решения; анализировать и интерпретировать полученные результаты решения типовых оптимизационных задач;	навыками сбора, анализа и обработки исходных данных, необходимых для решения типовых оптимизационных задач; - навыками выбора инструментальных средства для обработки данных в соответствии с поставленной оптимизационной задачей, анализа результатов расчетов и обоснования полученных выводов; - навыками применения стандартных оптимизационных моделей, анализа и содержательного интерпретирования полученных результатов
Виды занятий	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые	• Отчет по	• Отчет по	• Отчет по

Согласована на портале № 12818

средства оценивания	лабораторной работе; • Экзамен;	лабораторной работе; • Экзамен;	лабораторной работе; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• принципы и типовые примеры моделирования практических задач оптимизации; классификацию методов безусловной и условной оптимизации; типовые алгоритмы решения задач безусловной оптимизации, линейного и целочисленного программирования, условной оптимизации функций, многокритериальных задач;;	• выбирать целесообразные математические модели и предпочтительные методы решения оптимизационных задач, осуществлять постановку задач оптимизации; применять изученные методы при решении задач оптимального проектирования, исследовать свойства полученного решения; анализировать и интерпретировать полученные результаты решения типовых оптимизационных задач;;	• навыками сбора, анализа и обработки исходных данных, необходимых для решения типовых оптимизационных задач; навыками выбора инструментальных средства для обработки данных в соответствии с поставленной оптимизационной задачей, анализа результатов расчетов и обоснования полученных выводов; навыками применения стандартных оптимизационных моделей, анализа и содержательного интерпретирования полученных результатов;
Хорошо (базовый уровень)	• классификацию методов безусловной и условной оптимизации; типовые алгоритмы решения задач безусловной оптимизации, линейного и целочисленного программирования, условной оптимизации функций, многокритериальных задач;;	• анализировать и интерпретировать полученные результаты решения типовых оптимизационных задач; применять изученные методы при решении задач оптимального проектирования, исследовать свойства полученного решения;;	• навыками применения стандартных оптимизационных моделей, анализа и содержательного интерпретирования полученных результатов навыками выбора инструментальных средства для обработки данных в соответствии с поставленной оптимизационной задачей, анализа результатов расчетов и обоснования полученных выводов;;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• принципы и типовые примеры моделирования	• анализировать и интерпретировать полученные результаты	• навыками выбора инструментальных средства для обработки

Согласована на портале № 12818

	практических задач оптимизации;;	решения типовых оптимизационных задач;	данных в соответствии с поставленной оптимизационной задачей, анализа результатов расчетов и обоснования полученных выводов;;

2.2 Компетенция ОПК-2

ОПК-2: способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	- понятия «модели», «моделирование», «классификация моделей»; - принципы и типовые примеры моделирования практических задач оптимизации; - классификацию методов безусловной и условной оптимизации; - типовые алгоритмы решения задач безусловной оптимизации, линейного и целочисленного программирования, условной оптимизации функций, многокритериальных задач	- выбирать целесообразные математические модели и предпочтительные методы решения оптимизационных задач, осуществлять постановку задач оптимизации; - применять изученные методы при решении экономических задач, исследовать свойства полученного решения; - анализировать и интерпретировать полученные результаты решения типовых оптимизационных задач в САПР;	- навыками сбора, анализа и обработки исходных данных, необходимых для решения типовых оптимизационных задач; - навыками выбора инструментальных средства для обработки данных в соответствии с поставленной оптимизационной задачей, анализа результатов расчетов и обоснования полученных выводов; - навыками применения стандартных оптимизационных моделей, анализа и содержательного интерпретирования полученных результатов
Виды занятий	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые	• Отчет по	• Отчет по	• Отчет по

Согласована на портале № 12818

средства оценивания	лабораторной работе; • Экзамен;	лабораторной работе; • Экзамен;	лабораторной работе; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• понятия «модели», «моделирование», «классификация моделей»;; • принципы и типовые примеры моделирования практических задач оптимизации;; • классификацию методов безусловной и условной оптимизации;; • типовые алгоритмы решения задач безусловной оптимизации, линейного и целочисленного программирования, условной оптимизации функций, многокритериальных задач;	• выбирать целесообразные математические модели и предпочтительные методы решения оптимизационных задач, осуществлять постановку задач оптимизации; ; • применять изученные методы при решении экономических задач, исследовать свойства полученного решения;; • анализировать и интерпретировать полученные результаты решения типовых оптимизационных экономических задач;;	• навыками сбора, анализа и обработки исходных данных, необходимых для решения типовых оптимизационных задач; ; • навыками выбора инструментальных средства для обработки данных в соответствии с поставленной оптимизационной задачей, анализа результатов расчетов и обоснования полученных выводов; ; • навыками применения стандартных оптимизационных моделей, анализа и содержательного интерпретирования полученных результатов;
Хорошо (базовый уровень)	• понятия «модели», «моделирование», «классификация моделей»;; • принципы и типовые примеры моделирования практических задач оптимизации;; • классификацию методов безусловной и условной оптимизации;;	• применять изученные методы при решении экономических задач, исследовать свойства полученного решения;; • анализировать и интерпретировать полученные результаты решения типовых оптимизационных экономических задач;;	• навыками применения стандартных оптимизационных моделей, анализа и содержательного интерпретирования полученных результатов; • навыками выбора инструментальных средства для обработки данных в соответствии с поставленной оптимизационной задачей, анализа результатов расчетов и обоснования полученных выводов; ;
Удовлетворительн	• типовые алгоритмы	• выбирать	• навыками сбора,

Согласована на портале № 12818

о (пороговый уровень)	решения задач безусловной оптимизации, линейного и целочисленного программирования, условной оптимизации функций, многокритериальных задач;	целесообразные математические модели и предпочтительные методы решения оптимизационных задач, осуществлять постановку задач оптимизации; ;	анализа и обработки исходных данных, необходимых для решения типовых оптимизационных задач; ;

2.3 Компетенция ПК-1

ПК-1: способностью выполнять эксперименты на действующих объектах по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Технологию работы на ПК в современных операционных средах, основные методы разработки алгоритмов и программ, структуры данных, используемые для представления типовых информационных объектов; основные принципы организации и построения вычислительных машин, систем и сетей	Оценивать производительность вычислительных машин и систем, выбирать вычислительные средства для проектирования устройств и систем управления. Осуществлять поиск, обработку, хранение информации из различных баз данных	Средствами поиска, хранения, обработки информации. Навыками работы в различных поисковых системах.
Виды занятий	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 8.

Согласована на портале № 12818

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Способы организации хранения информации на ЭВМ; Различные способы поиска и систематизации информации. Различные компьютерные, информационные и сетевые технологии для анализа, хранения и обработки экспериментальных данных;	• Осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации, используя различные поисковые системы и средства, использовать различные базы данных, представлять информацию в различных формах, использовать различные информационные, компьютерные и сетевые технологий;	• Различными современными средствами поиска, обработки, хранения информации. Способами организации и ведения баз данных. Различными сетевыми и компьютерными технологиями;;
Хорошо (базовый уровень)	• Некоторые способы поиска и систематизации информации. Некоторые компьютерные, информационные и сетевые технологии для анализа, хранения и обработки экспериментальных данных;	• Осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации, используя некоторые поисковые системы и средства, использовать некоторые информационные, сетевые технологии, работать с некоторыми базами данных;;	• Различными средствами поиска, обработки, хранения информации. Способами ведения баз данных. Некоторыми сетевыми и компьютерными технологиями;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Предлагаемые к изучению компьютерные, информационные и сетевые технологии для анализа, хранения и обработки информации ;	• Осуществлять поиск, хранение, обработку информации, используя доступные поисковые системы и средства, использовать некоторые информационные, сетевые технологии, иметь представление о некоторых базах данных;;	• Некоторыми средствами поиска, обработки, хранения информации. Способами ведения баз данных. Некоторыми компьютерными технологиями;;

2.4 Компетенция ПК-2

ПК-2: способностью проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Технологию работы на ПК в современных	Оценивать производительность	Навыками работы с современными

Согласована на портале № 12818

	операционных средах, основные методы разработки алгоритмов и программ, структуры данных, используемые для представления типовых информационных объектов. Основные этапы проведения вычислительных экспериментов.	вычислительных машин и систем, выбирать вычислительные средства для проектирования устройств и систем управления.	аппаратными и программными средствами исследования и проектирования систем управления
Виды занятий	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 10.

Таблица 10 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Основные методы разработки алгоритмов и программ; Структуры данных, используемые для представления типовых информационных объектов; Типовые алгоритмы обработки данных; Основные принципы и методологию разработки прикладного программного обеспечения, включая типовые способы организации данных и построения алгоритмов обработки данных; Этапы построения математических	• Проектировать программу для решения задачи из любой предметной области; Использовать готовые алгоритмы, создавать новые алгоритмы решения задач; Тестировать программы, анализировать выходные результаты, проводить отладку программ; Выделять из крупной задачи подзадачи; ;	• Различными средствами разработки программ на языках высокого уровня; Способностью переводить условие задачи, сформулированное на естественном языке в терминах предметной области, на алгоритмический язык; Навыками работы в различных операционных системах; Навыками проведения анализа экспериментальных данных ;;

Согласована на портале № 12818

	моделей ;;		
Хорошо (базовый уровень)	• Методы разработки алгоритмов и программ; Структуры данных, используемые для представления типовых информационных объектов; способы создания программ; Этапы построения математических моделей;;	• Проектировать программу для решения задачи из некоторой предметной области; Использовать готовые алгоритмы, создавать новые алгоритмы решения задач; Тестировать программы на работоспособность;;	• Языком программирования для решения поставленных задач; Навыками работы в некоторых операционных системах; Способностью понимать условие задачи, сформулированное на естественном языке в терминах предметной области; ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Некоторые методы разработки алгоритмов; Способы создания программ ; Этапы разработки программ на языке высокого уровня ;	• Писать программы по известному алгоритму; Тестировать программы ; Проводить отладку программ ;;	• Навыками работы в некоторых операционных системах; Навыками работы с экспериментальными данными; Навыками составления алгоритмов простых задач; ;

2.5 Компетенция ПК-19

ПК-19: способностью организовывать работу малых групп исполнителей.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	Методы и средства организации работы малых групп исполнителей	Организовывать работу малых групп исполнителей	Навыками организации работы малых групп
Виды занятий	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Интерактивные лекции; • Лабораторные занятия; • Лекции; • Самостоятельная работа; • Подготовка и сдача экзамена / зачета;	• Интерактивные лабораторные занятия; • Лабораторные занятия; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;	• Отчет по лабораторной работе; • Экзамен;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в

Согласована на портале № 12818

таблице 12.

Таблица 12 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Виды управленческих решений в области организации работ малых групп исполнителей;	• Разрабатывать план по реализации управленческих решений в области организации работ по проекту ;	• Навыками разработки плана реализации управленческих решений в области организации работ по проекту ;
Хорошо (базовый уровень)	• Особенности процесса организации работы исполнителей ;	• Разрабатывать, анализировать и оценивать необходимость применения различных форм работы исполнителей с учетом сложившейся ситуации ;	• Навыками оценки труда исполнителей ;
Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Сущность и содержание работы исполнителей ;	• Анализировать содержание работы исполнителей ;	• Навыками анализа и установления форм и направлений деятельности в работе исполнителей ;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Экзаменационные вопросы

– Ранг матрицы. Теорема Кронекера - Капелли. Решение неопределенных систем.
– Задача использования сырья. Основные определения задачи линейного программирования.
– Задача о диете. Приведение задачи линейного программирования к каноническому виду.
– Графический метод решения задачи линейного программирования с 2 и n переменными.
– Выпуклые множества. Выпуклость множества допустимых решений задачи линейного программирования.
– Опорные решения. Связь с угловыми точками множества допустимых решений.
– Свойства оптимальных решений задачи линейного программирования.
– Предпочтительный вид задачи линейного программирования. Симплекс-метод. Признак оптимальности решения.
– Переход к новому базисному решению в симплекс-методе.
– Симплекс-метод решения М-задачи. Бесконечное множество оптимальных решений.
– Целочисленный симплекс – метод.
– Анализ чувствительности решений задачи линейного программирования.
– Метод потенциалов решения транспортной задачи. Критерий оптимальности.
– Задача нелинейного программирования. Метод множителей Лагранжа.
– Функция полезности. Кривые безразличия.

3.2 Темы лабораторных работ

– Исследование методов одномерной оптимизации (методы дихотомии, золотого сечения)
– Безусловная минимизация функций нескольких переменных в системе MATLAB

Согласована на портале № 12818

(сравнение градиентного метода BFGS и симплексного метода Нелдера-Мида)

– Минимизация функций нескольких переменных с учетом ограничений в системе MATLAB (метод штрафных функций)

– Решение задач многокритериальной оптимизации и многокритериального выбора в системе MATLAB

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Лесин В.В., Лисовец Ю.П. Основы методов оптимизации: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во «Лань», 2011. – 352с. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/view/book/1552

4.2. Дополнительная литература

1. Б.Банди. Методы оптимизации: вводный курс. -М.: Радио и связь, 1988. -128с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 18 экз.)

2. А. А. Мицель, А. А. Шелестов. Методы оптимизации: учебное пособие: в 2 ч. / Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра автоматизированных систем управления. - Томск : ТМЦДО, 2002 - Ч.1. – 192 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 9 экз.)

3. А. А. Мицель, А. А. Шелестов. Методы оптимизации: учебное пособие: в 2 ч. / Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра автоматизированных систем управления. – Томск : ТМЦДО, 2002 – Ч.2. – 73 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 11 экз.)

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Бабак Л.И., Черкашин М.В. Методы оптимизации в САПР / Учебно-методическое обеспечение. – 2007 г. – 119 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.kcup.tusur.ru/index.php?module=mod_methodic&command=view&id=138, свободный.

2. Бабак Л.И., Черкашин М.В. Методы оптимизации в САПР / Учебно-методическое обеспечение. – 2015 г. –Методические указания для лабораторных работ С.27-69 [Электронный ресурс]. - http://www.kcup.tusur.ru/index.php?module=mod_methodic&command=view&id=138

3. Бабак Л.И., Черкашин М.В. Методы оптимизации в САПР / Учебно-методическое обеспечение. – 2015 г. – Методические указания для самостоятельной работы С.73-74 [Электронный ресурс]. - http://www.kcup.tusur.ru/index.php?module=mod_methodic&command=view&id=138

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Википедия. - https://ru.wikipedia.org/
2. ALGLIB. - http://alglib.sources.ru/

Согласована на портале № 12818