

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский университет дружбы народов»*

Факультет физико-математических и естественных наук

Математический институт им. С.М. Никольского

Рекомендовано МССН

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ УПРАВЛЕНИЯ»

Рекомендуется для направления подготовки/специальности

01.04.02 «Прикладная математика и информатика»

Направленность программы (профиль)

«Математические модели в междисциплинарных исследованиях»

1. Цели и задачи дисциплины:

Целью дисциплины является формирование представления о методах и областях применения математической теории управления, развитие математической культуры студента и подготовка его к самостоятельному применению полученных знаний. Реализация указанной цели включает последовательное изложение теоретического материала на лекциях, при котором все основные результаты снабжаются доказательствами и пояснениями на конкретных математических моделях; отработку приемов численных и аналитических методов исследования на практических занятиях; промежуточный и итоговый контроль выявляют степень усвоения полученных навыков.

2. Место дисциплины в структуре ОП ВО:

Математический и естественнонаучный цикл Б.2.Б.5., вариативная часть. Курс базируется на использовании магистрами ранее полученных знаний.

Для успешного изучения курса необходимы знания и умения в объеме школьной программы по математике, знание элементов и методов из математического анализа, линейной алгебры, численных методов, функционального анализа, теории дифференциальных уравнений, программирования и практикума на ЭВМ.

В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Общепрофессиональные компетенции			
1	ОПК-1. Способен решать актуальные задачи фундаментальной и прикладной математики	Компьютерные технологии в науке и образовании	Междисциплинарный экзамен
Профессиональные компетенции			
	ПК.4. Способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых задач проектной и производственно-технологической деятельности	-	Междисциплинарный экзамен

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать: основные понятия теории математического управления, подходы к получению моделей, численные и аналитические методы их исследования, методы исследования и решения задач теории оптимального управления;

уметь: использовать полученные знания в своей практической деятельности;

владеть: навыками построения математической модели рассматриваемой задачи, формализации и выбора способа её исследования.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		6
Аудиторные занятия (всего)	32	32
В том числе:		
<i>Лекции</i>	16	16
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	16	16
Самостоятельная работа (всего)	76	76
Общая трудоемкость	час	108
	зач. ед.	3

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение.	Задачи на максимум и минимум. Конечномерные гладкие задачи без ограничений. Принцип Ферма.
2	Вариационное исчисление	Вариационное исчисление. Первые задачи. Задача о брахистохроне. Уравнение Эйлера-Лагранжа. Лемма Дюбуа-Реймона. Вариация по Лагранжу и производная по Фреше. Интегралы уравнения Эйлера. Задача Больца. Задача с подвижными концами. Условия трансверсальности. Сильный и слабый экстремум. Разрывные экстремали. Теория второй вариации. Условие Вейерштрасса-Эрдмана. Условие Вейерштрасса. Задача Лагранжа. Численные методы решения задач вариационного исчисления.
3	Математическое программирование	Линейное программирование. Симплекс-метод. Постановки основных задач линейного программирования (задача о рационе, задача раскроя, транспортная задача). Квадратичное программирование. Нелинейное программирование. Метод последовательного квадратичного программирования (SQP).
4	Задачи оптимального управления	Принцип максимума Понтрягина. Условия трансверсальности. Метод динамического программирования. Задача синтеза. Особые управления. Задача с параметрами. Задача с фазовыми ограничениями. Особое управление. Условие оптимальности особых управлений.
5	Существование решений в задачах вариационного исчисления и оптимального управления	Существование решений в задачах вариационного исчисления и оптимального управления. Теорема Тонелли. Теорема Филиппова.

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	СРС	Всего час.
	1 семестр				
1.	Введение.	2	2	6	10
2.	Вариационное исчисление	2	2	15	19
3.	Математическое программирование	4	4	15	23
4.	Задачи оптимального управления	4	4	20	28
5.	Существование решений в задачах вариационного исчисления и оптимального управления	4	4	20	28

	Итого	16	16	76	108
--	-------	----	----	----	-----

6. Лабораторный практикум

Не предусмотрен.

7. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тема семинара	Трудо-емкость (час)
1	2	Простейшая задача вариационного исчисления. Задача о брахистохроне. Сильный и слабый экстремум. Условие Вейерштрасса-Эрдмана.	2
2	2	Задача Дидоны.	2
3	3	Симплекс-метод	2
4	3	Метод Вульфа	2
5	3	Метод последовательного квадратичного программирования (SQP)	2
6	4	Задача синтеза оптимального управления. Примеры Фельдбаума, Бушоу, задача приведения маятника в верхнее положение.	2
7	4	Задача о мягкой посадке на Луну	2
8	5	Примеры несуществования решения: Больца и Вейерштрасса	2

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

учебная аудитория для проведения семинарских занятий, аудитория для чтения лекций, ноутбук - 1шт., проектор - 1шт., экран - 1шт., ПК с установленным пакетом программ anaconda python.

9. Информационное обеспечение дисциплины

- программное обеспечение: Windows, Microsoft Office, Python,
- базы данных, информационно-справочные и поисковые системы: www.yandex.ru, www.google.ru, www.mathnet.ru, <http://www.math.ru>, <http://eqworld.ipmnet.ru>, <http://gen.lib.rus.ec>, www.twirpx.com.

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины:

а) основная литература

- Оптимизация. Теория, примеры, задачи. Э.М. Галеев, М.: Либроком, 2010 – 336 с.;
- Оптимальное управление и вариационное исчисление. М.И. Зеликин, М.: Едиториал УРСС, 2004 – 160 с.;
- Высшая математика. Математическое программирование. А.В. Кузнецов, В.А. Сакович, Н.И. Холод, Мн.: Выш. шк., 1994 – 286 с.;
- Математическое программирование. В.Г. Карманов, М.: Физматлит, 2004 – 264 с.;
- Руководство к решению задач по математическому программированию. А.В. Кузнецов, Н.И. Холод, Л.С. Костевич, Мн.: Вышэйш. школа, 1978 – 256 с.;
- Численные методы оптимизации. А.Ф. Измаилов, М.В. Солодов, М.: Физматлит, 2005 – 304 с.;
- Прикладная теория оптимального управления. А. Брайсон, Хо Ю-Ши, М.: Мир, 1972 – 544 с.;
- Принцип максимума Понтрягина. Доказательство и приложения. А.В. Арутюнов, Г.Г. Магарил-

Ильев, В.М. Тихомиров, М.: Факториал пресс, 2006 – 144 с.;

9. Методическое пособие по численным методам решения краевых задач принципа максимума в задачах оптимального управления. И.С. Григорьев, М.: Издательство Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ, 2005 – 160 с.;
10. Практикум по численным методам в задачах оптимального управления. Дополнение I. К.Г. Григорьев, И.С. Григорьев, М.П. Заплетин, М.: Издательство Центра прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ, 2007 – 184 с.;

б) дополнительная литература

11. Вариационное исчисление. А. Коша, М.: Высш. шк., 1983 – 279 с.;
12. Краткий курс теории экстремальных задач. Э.М. Галеев, В.М. Тихомиров, М.: Изд-во Моск. Унта, 1989 – 204 с.;
13. Оптимальное управление движением. В.В. Александров, В.Г. Болтянский, С.С. Лемак, Н.А. Парусников, В.М. Тихомиров, М.: Физматлит, 2005 – 376 с.;
14. Методы управления нелинейными механическими системами. Ф.Л. Черноушко, И.М. Ананьевский, С.А. Решмин, М.: Физматлит, 2006 – 328 с.;
15. Основы теории оптимального управления. Э.Б. Ли, Л. Маркус, М.: Наука, 1972 – 576 с.;
16. Математическое программирование. Теория и алгоритмы. М. Мину, М.: Наука, 1990 – 488 с.;
17. Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы. Базара М., Шетти К., М.: Мир, 1982 – 583 с.;
18. Прикладное нелинейное программирование. Д. Химмельблау, М.: Мир, 1975 – 540 с.;
19. Оптимальное управление и математическое программирование. Д. Табак, Б. Куо, М.: Наука, 1975 – 280 с.;
20. Математические методы оптимального управления. В.Г. Болтянский, М.: Наука, 1969 – 408 с.;
21. Introduction to the mathematical theory of control. A. Bressan, B. Piccoli. Springfield: American institute of mathematical sciences (AIMS Series on Applied Mathematics Vol. 2), 2007 – 326 pp.;

в) научные журналы

22. "Автоматика и телемеханика", Российской академии наук «Академиздатцентр «Наука», http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=at&wshow=details&option_lang=rus или <https://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1908150>;
23. "Известия РАН. Теория и системы управления", Российской академии наук "Издательство «Наука»" http://elibrary.ru/title_about.asp?id=7830;
24. "Journal of Optimization Theory and Applications", Springer, <http://www.springer.com/mathematics/journal/10957>;
25. "Journal of Dynamical and Control Systems", Springer, <https://link.springer.com/journal/10883>;
26. "Applied Mathematics & Optimization", Springer, <https://link.springer.com/journal/245>;
27. "Mathematical Programming", Springer, <https://link.springer.com/journal/10107>.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Реализация курса предусматривает лекции, практические занятия (семинары), подготовку самостоятельных работ и их последующую защиту.

Изучая дисциплину, студент должен прослушать курс лекций, пройти предусмотренное рабочей программой количество семинарских занятий, самостоятельно изучить некоторые темы курса и подтвердить свои знания в ходе контрольных мероприятий.

Работа студента на лекции заключается в уяснении основ дисциплины, кратком конспектировании материала, уточнении вопросов, вызывающих затруднения.

Студент обязан освоить все темы, предусмотренные учебно-тематическим планом дисциплины. Отдельные темы и вопросы обучения выносятся на самостоятельное изучение. Студент изучает рекомендованную литературу и кратко конспектирует материал, а наиболее

сложные вопросы, требующие разъяснения, уточняет во время консультаций. Аналогично следует поступать с разделами курса, которые были пропущены в силу различных обстоятельств.

Для углублённого изучения вопроса студент должен ознакомиться с литературой из дополнительного списка и списка периодических изданий, специализированными сайтами в Интернет. Рекомендуется так же общение студентов на форумах профессиональных сообществ.

Студенты самостоятельно изучают учебную, научную и периодическую литературу. Они имеют возможность обсудить прочитанное с преподавателями дисциплины во время плановых консультаций, с другими студентами на семинарах, а также на лекциях, задавая уточняющие вопросы лектору.

Для контроля успеваемости используется балльно-рейтинговая система.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) (разрабатываются и оформляются в соответствии с требованиями «Регламента формирования фондов оценочных средств (ФОС»), утвержденного приказом ректора от 05.05.2016 № 420).

(Перечень компетенций с указанием этапов их формирования; описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания; 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; методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС 3++.

Разработчик:

Доцент Математического института



А.В. Иванюхин

Директор Математического института



А.Л. Скубачевский

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов»*

Факультет физико-математических и естественных наук

Математический институт имени С.М. Никольского

УТВЕРЖДЕН

На заседании института
« » 2019 г.,
протокол №
Директор института

_____ А.Л.Скубачевский

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по учебной дисциплине Математическая теория управления

Рекомендуется для направления подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика

Квалификация (степень) выпускника

Магистр

Квалификация (степень) выпускника

Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине Математическая теория управления

Направление/Специальность: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Дисциплина: Математическая теория управления

Код контролируемой компетенции или компетенции	Контролируемый раздел дисциплины	ФОСы (формы контроля уровня освоения ООП)				Баллы темы
		Аудиторная работа		Самостоятельная работа	Экзамен/Зачет	
		Работа на занятии	Выполнение ЛР	Выполнение ДЗ		
	1 семестр					
ОПК-1, ПК.4	Раздел 1: Введение	2	0	3	0	5
ОПК-1, ПК.4	Раздел 2: Вариационное исчисление	2	0	15	8	25
ОПК-1, ПК.4	Раздел 3: Математическое программирование	5	0	15	10	30
ОПК-1, ПК.4	Раздел 4: Задачи оптимального управления	5	0	15	10	30
ОПК-1, ПК.4	Раздел 5: Существование решений в задачах вариационного исчисления и оптимального управления	2	0	3	5	10

Перечень оценочных средств по дисциплине

п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<i>Аудиторная работа</i>			
1.	Работа на занятии	Оценочные средства, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
2.	Лабораторная работа	Система практических заданий, направленных на формирование практических навыков у обучающихся	Фонд практических заданий
3.	Зачет	Форма проверки качества выполнения студентами лабораторных работ, усвоения учебного материала практических и семинарских занятий, успешного прохождения производственной и преддипломной практик и выполнения в процессе этих практик всех учебных поручений в соответствии с утвержденной программой.	Примеры заданий
<i>Самостоятельная работа</i>			
4.	Выполнение домашних заданий	Различают задачи и задания: а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины; б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей; в) творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.	Комплект разноуровневых задач и заданий

БИЛЕТ №1

- 1 Типы экстремума. Локальный и глобальный экстремум. Квадратично-линейная задача.
- 2 Задача выпуклого программирования. Теорема Куна-Таккера. Двойственность выпуклых задач математического программирования.
- 3 Задача 1. Найдите все экстремали функционала, удовлетворяющие заданным краевым условиям:

$$J(y) = \int_0^1 (\dot{y}^2 + 12xy) dx, \quad y(0) = 0, \quad y(1) = 1.$$

- 4 Задача 2. Задача об оптимальной подготовке к экзамену. Студенту предстоит сдать экзамен, к которому он решил подготовиться за одни сутки. Располагаемый уровень усилий ограничен. Требуется так распределить усилия, чтобы набрать максимально возможную оценку, которая зависит не только от усилий во время подготовки, но и начального общего уровня знаний. Начальный уровень знаний складывается из ранее сданных на 5 экзаменов. Каким должен быть начальный уровень знаний и какому числу экзаменов он соответствует, что бы студент смог получить 5 на предстоящем экзамене? Задачу можно представить следующим образом:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= z + \sqrt{w}, \quad \dot{z} = 0.1x, \quad x(0) = 0, \quad x(1) = 5, \\ w(t) &\geq 0, \quad \int_0^1 w dt \leq 3, \quad t \in [0;1], \quad z(0) \rightarrow \min. \end{aligned}$$

БИЛЕТ №2

- 1 Постановки основных задач линейного программирования (задача о рационе, задача раскроя, транспортная задача).
- 2 Каноническая задача оптимального управления понтрягинского типа. Принцип максимума Понтрягина (формулировка).
- 3 Задача 1. Решите изопериметрическую задачу

$$\int_0^{\pi} \dot{x}^2 dt \rightarrow \text{extr}, \quad \int_0^{\pi} x \cos t dt = \frac{\pi}{2}, \quad \int_0^{\pi} x \sin t dt = \pi + 2, \quad x(0) = 2, \quad x(\pi) = 0.$$

- 4 Задача 2. Решить задачу нелинейного программирования (рекомендуется использовать SQP метод, вычисления проводить с точностью 0.01, за начальное приближение принять (0.05, 0.3)):

$$(x_2 - 2)^2 - x_1^2 \rightarrow \min, \quad 4x_1^2 + x_2^2 - 1 = 0.$$

Вопросы по темам дисциплины

1. Задачи на максимум и минимум. Конечномерные гладкие задачи без ограничений. Необходимые и достаточные условия экстремума. Принцип Ферма. Теорема Вейерштрасса и следствие из неё (о достижении функцией своих абсолютных максимумов и минимумов). Критерий Сильвестра.
2. Квадратично-линейная задача.
3. Типы экстремума. Сильный и слабый экстремум. Локальный и глобальный экстремум.
4. Простейшая задача вариационного исчисления.
5. Уравнение Эйлера-Лагранжа. Вывод уравнения Эйлера с помощью основной леммы вариационного исчисления (леммы Лагранжа). Вывод уравнения Эйлера с помощью леммы Дюбуа-Реймона. Интегралы уравнения Эйлера. Задача о брахистохроне.
6. Необходимое условие экстремума в задаче Больца.
7. Задача с подвижными концами и условия трансверсальности.
8. Задача Лагранжа.
9. Изопериметрическая задача. Принцип взаимности в изопериметрических задачах. Задача Дидоны.
10. Теория второй вариации. Условие Лежандра. Условие Якоби.
11. Разрывные экстремали. Условие Вейерштрасса-Эрдмана.
12. Игольчатые вариации. Функция Вейерштрасса. Условие Вейерштрасса.
13. Численные (прямые) методы решения задач вариационного исчисления: метод ломанных Эйлера и метод прогонки.
14. Математическое программирование. Общая постановка и классификация задач математического программирования. Связь задач математического программирования и оптимального управления.
15. Принцип Лагранжа в конечномерной задаче с равенствами.
16. Задача выпуклого программирования. Теорема Куна-Таккера. Двойственность выпуклых задач математического программирования.
17. Линейное программирование. Геометрическая интерпретация задач Линейного программирования. Симплекс-метод. Двойственная постановка задачи линейного программирования и её практическое значение.
18. Постановки основных задач линейного программирования (задача о рационе, задача раскроя, транспортная задача).
19. Квадратичное программирование. Метод Вульфа.
20. Нелинейное программирование. Метод последовательного квадратичного программирования (SQP).
21. Задачи оптимального управления: особенности постановки, типы функционалов (в форме Лагранжа, Майра, Больца) и связь между ними.
22. Каноническая задача оптимального управления понтрягинского типа. Допустимые процессы. Область управляемости. Множество достижимости. Понятие особого управления.

23. Принцип максимума Понтрягина - необходимое условие сильного минимума (формулировка).
24. Геометрическая интерпретация и элементарное доказательство принципа максимума Понтрягина.
25. Краевая задача принципа максимума. Численные методы решения краевой задачи принципа максимума (метод стрельбы, метод продолжения по параметру).
26. Связь Принципа максимума Понтрягина с условиями классического вариационного исчисления на примере простейшей задачи вариационного исчисления.
27. Метод динамического программирования. Принцип оптимальности. Функции и уравнения Беллмана. Синтез оптимального управления на основе динамического программирования.
28. Разница в оптимальных управлениях, синтезированных с помощью принципа максимума Понтрягина и метода динамического программирования.
29. Синтез оптимального управления в квадратично-линейной задаче.
30. Синтез оптимального управления в задаче оптимального быстродействия. Теорема Фельдбаума о числе переключений.

I. Вариационное исчисление

- Задания из книги "Оптимизация. Теория, примеры, задачи" (Галеев Э.М. - 2010):

Глава 3. Вариационное исчисление

§ 1. Простейшая задача вариационного исчисления (1.7. Задачи 1.2, 1.4, 1.5, 1.12-1.57);

§ 2. Задача Больца (2.5. Задачи 2.1-2.5, 2.11-2.14);

§ 3. Задача с подвижными концами (3.4. Задачи 3.1-3.31);

§ 4. Изопериметрическая задача (4.5. Задачи 4.1-4.29);

§ 6. Задача Лагранжа (6.5. Задачи 6.1-6.72);

- Численные методы решения простейших задач вариационного исчисления:

Реализовать с помощью сред математического моделирования метод ломанных Эйлера, метод прогонки, метод Рунге.

II. Математическое программирование

- Линейное программирование

Задания из книги "Руководство к решению задач по математическому программированию" (Кузнецов А.В., Холод Н.И., Костевич Л.С. - 1978):

§ 3.1 Основная идея симплекс-метода. Алгоритм симплекс-метода. (Задания 3.1-3.10);

§ 3.2. Метод искусственного базиса. (Задания 3.11-2.21);

- Нелинейное программирование (решать задачи можно любым методом)

Задания из книги "Руководство к решению задач по математическому программированию" (Кузнецов А.В., Холод Н.И., Костевич Л.С. - 1978):

Глава 9. Нелинейное программирование;

Задания из книги "Сборник задач по математике для ВТУЗов. Часть 3." (Ефимов А.В., Пospelов А.С. - 2004):

Глава 17. Методы оптимизации § 4. Нелинейное программирование;

III. Оптимальное управление

- Принцип максимума Понтрягина

Задания из книги «Сборник задач по теории автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы» (Ким Д.П. – 2008):

Глава 8.3, задание 8.19 – 3 примера

Задания из книг "Методическое пособие по численным методам решения краевых задач принципа максимума в задачах оптимального управления" (Григорьев И.С. - 2005) и "Практикум по численным методам в задачах оптимального управления" (Григорьев, Григорьев, Заплетин – 2007)

- Динамическое программирование Белмена

Задания из книги «Сборник задач по теории автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы» (Ким Д.П. – 2008):

Глава 8.4, задание 8.20 – 3 примера

4. Критерии оценивания знаний студентов

Баллы БРС	Традиционные оценки в РФ	Баллы для перевода оценок	Оценки	Оценки ECTS
86 - 100	5	95 – 100	5+	A
		86 – 94	5	B
69 - 85	4	69 – 85	4	C
51 - 68	3	61 - 68	3+	D
		51 - 60	3	E
0 - 50	2	31 - 50	2+	FX
		0 - 30	2	F

- 5.
- 6.
- 7.

Пояснение к таблице оценок:

A	“Отлично” - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.
B	“Очень хорошо” - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.
C	“Хорошо” - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.
D	“Удовлетворительно” - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.
E	“Посредственно” - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.
FX	“Условно неудовлетворительно” - теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий.

F	<i>“Безусловно неудовлетворительно”</i> - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий.
---	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------