Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кубанский государственный университет»
Факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор

_____ Хагуров Т.А.
подпись

«27» апреля 2018г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.13 Оптимальное управление динамическими системами
(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

Направление подготовки/специальность 27.03.03 Системный анализ и управление
(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация Системный анализ и управление экономическими процессами
(наименование направленности (профиля) специализации)

Программа подготовки академическая
(академическая /прикладная)

Форма обучения очная
(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация (степень) выпускника бакалавр
(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2018

Рабочая программа дисциплины «Оптимальное управление динамическими системами» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО приказ № 195 от 11.03.2015г., зарегистрирован в Минюсте России 1 апреля 2015 г. N 36670) по направлению подготовки 27.03.03 Системный анализ и управление.

Программу составил:
Л.К. Янковская, доцент кафедры МКМ, к-т физ.-мат. наук, доцент _____

Рабочая программа дисциплины «Оптимальное управление динамическими системами» утверждена на заседании кафедры математических и компьютерных методов
протокол № 9 «10» апреля 2018г.
Заведующий кафедрой МКМ Дроботенко М.И. _____

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры Экономики и управления инновационными системами
«16» апреля 2018 г. протокол № 15
Заведующий кафедрой Литвинский К.О. _____

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математических и компьютерных наук
протокол № 2 «17» апреля 2018г.

Председатель УМК факультета Титов Г. Н. Титов

Рецензенты:

Никитин Ю.Г., к-т физ.-мат. наук , доцент кафедры
ТФКТ, ФГБОУ ВО КубГУ

Левошин О.А., генеральный директор ЗАО
«Сертификационный центр "Тест-СДМ"»

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины

Б1.В.13 «Оптимальное управление динамическими системами»

Направление подготовки: 27.03.03 Системный анализ и управление

Профиль: Системный анализ и управление экономическими процессами

Программа подготовки: академический бакалавриат

Рабочая программа по дисциплине «Оптимальное управление динамическими системами» составлена кандидатом физико-математических наук, доцентом кафедры математических и компьютерных методов факультета математики и компьютерных наук Кубанского государственного университета Л. К. Янковской.

Учебная дисциплина «Оптимальное управление динамическими системами» направлена на формирование у студентов профессиональных компетентностей в области применения методов математического и алгоритмического моделирования для оптимизации экономических процессов с целью нахождения эффективных решений общенаучных и прикладных задач широкого профиля.

Рабочая программа содержит цели и задачи освоения дисциплины, место дисциплины в структуре ООП, требования к результатам освоения дисциплины, оценочные средства для текущего контроля успеваемости и интерактивные образовательные технологии, используемые в аудиториях. Учебный материал распределен на теоретические и практические занятия, что позволяет осуществлять практическое закрепление наиболее важных разделов.

Курс «Оптимальное управление динамическими системами» обеспечивает овладение студентами профессиональных компетенций ПК-5, ПК-4.

Название и содержание рабочей программы дисциплины «Оптимальное управление динамическими системами» соответствует учебному плану, а также ФГОС ВО от 12.03.2015 (пр. Минобрнауки РФ № 195) с учетом рекомендаций и ПрООП ВО по направлению 27.03.03 Системный анализ и управление (квалификация «бакалавр») по профилю Системный анализ и управление экономическими процессами, программа подготовки – академический бакалавриат.

Считаю, что рабочая программа доцента Л. К. Янковской соответствует государственным требованиям к содержанию и уровню подготовки выпускников по направлению подготовки 27.03.03 Системный анализ и управление (квалификация «бакалавр») и может быть рекомендована для высших учебных заведений.

Генеральный директор ЗАО
«Сертификационный центр "Тест-СДМ"» _____ Левошин О.А.

РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу дисциплины

Б1.В.13 «Оптимальное управление динамическими системами»

Направление подготовки: 27.03.03 Системный анализ и управление

Профиль: Системный анализ и управление экономическими процессами

Программа подготовки: академический бакалавриат

Рабочая программа по дисциплине «Оптимальное управление динамическими системами» составлена кандидатом физико-математических наук, доцентом кафедры математических и компьютерных методов факультета математики и компьютерных наук Кубанского государственного университета Л. К. Янковской.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО от 12.03.2015 (пр. Минобрнауки РФ № 195) с учетом рекомендаций и ПрООП ВО по направлению 27.03.03 Системный анализ и управление (квалификация «бакалавр») по профилю Системный анализ и управление экономическими процессами, программа подготовки – академический бакалавриат.

Программа одобрена на заседаниях кафедр Математических и компьютерных методов и Экономики и управления инновационными системами, а также на заседании учебно-методического совета факультета математики и компьютерных наук.

Дисциплина «Оптимальное управление динамическими системами» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана (Б1.В.13) и ее освоение происходит в 7 семестре.

Задачей курса является приобретение учащимися профессиональных компетентностей, применение ими научных знаний об оптимальном управлении динамическими системами в экономических науках для анализа экономических процессов и определения оптимальных процессов, развитие навыков минимизации критерия качества в виде функционала в экономических задачах.

Рабочая программа дисциплины «Оптимальное управление динамическими системами» сочетает теоретическую и практические части, что способствует более глубокому усвоению учебного материала.

Считаю, что рабочая программа по дисциплине «Оптимальное управление динамическими системами» может быть рекомендована для подготовки бакалавров по направлению подготовки: 27.03.03 Системный анализ и управление, профиль - Системный анализ и управление экономическими процессами, программа подготовки - академический бакалавриат.

Кандидат физ.-мат. наук,
доцент кафедры ТФКТ
ФГБОУ ВО КубГУ _____ Никитин Ю.Г.

1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля).

1.1 Цель освоения дисциплины.

Развитие профессиональных компетентностей в области применения методов математического и алгоритмического моделирования для оптимизации экономических процессов с целью нахождения эффективных решений общенаучных и прикладных задач широкого профиля.

1.2 Задачи дисциплины.

- Развитие профессиональных компетентностей,
- актуализация и развитие знаний в области теории оптимального управления;
- применение научных знаний об оптимальном управлении динамическими системами в экономических науках для анализа экономических процессов и определения оптимальных процессов;
- развитие навыков минимизации критерия качества в виде функционала в экономических задачах.

1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Оптимальное управление динамическими системами» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана (Б1.В.13) и ее освоение происходит в 7 семестре.

Для ее изучения необходимо усвоение материала дисциплин «Математический анализ», «Общая экономическая теория», «Теория системного анализа и управления», «Теория автоматического управления» и «Системный анализ, оптимизация и принятие решений». Изучение дисциплины «Оптимальное управление динамическими системами» является базой для последующего изучения дисциплин «Управление в организационных системах» и «Многокритериальная оптимизация в сложно организованных системах».

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся профессиональных компетенций (ПК-4, ПК-5).

В результате изучения обязательной части учебного цикла обучающийся должен обладать:

№ п.п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	**уметь**	**владеть**
1.	ПК-4	способностью применять методы системного анализа, технологии синтеза и управления для решения прикладных проектно-конструкторских задач	примеры прикладных проектно-конструкторских задач, решаемых методами оптимального управления; метод сведения прикладной проектно-конструкторской задачи к дискретной задаче оптимального управления;	самостоятельно строить математическую модель управляемого процесса для прикладной проектно-конструкторской задачи; осуществлять оптимизацию прикладной системы в случае программного управления; определять оптимальный процесс для прикладной системы с обратной связью;	практическими навыками применения достаточных условий к оптимизации прикладной проектно-конструкторской задачи; практическими навыками применения метода Лагранжа-Понтрягина и метода Гамильтона-Якоби-Беллмана к решению задачи оптимизации прикладной системы;
2.	ПК-5	способностью разрабатывать методы моделирования, анализа и технологии синтеза процессов и систем в области техники, технологии и организационных систем	постановку задачи оптимизации управляемых процессов; необходимые и достаточные условия оптимальности динамических процессов; и косвенные методы оптимизации управления динамическими системами;	строить математическую модель управляемого процесса; доказывать необходимость и достаточность условий оптимальности для непрерывных и многошаговых процессов; выводить вспомогательные соотношения косвенных методов оптимизации;	практическими навыками работы в среде пакета MATHCAD; практическими навыками численной минимизации функционалов; практическими навыками применения численных методов в пакете MATHCAD

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице.

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)			
			7	___		
Контактная работа, в том числе:		**38,2**	**38,2**			
Аудиторные занятия (всего):		34	34	-	-	-
Занятия лекционного типа		18	18	-	-	-
Лабораторные занятия		-	-	-	-	-
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		16	16	-	-	-
Иная контактная работа:		**4,2**	**4,2**			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		4	4	-	-	-
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2	-	-	-
Самостоятельная работа, в том числе:		**33,8**	**33,8**			
Курсовая работа		-	-	-	-	-
Проработка учебного (теоретического) материала		11,8	11,8	-	-	-
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		11	11	-	-	-
Реферат		-	-	-	-	-
Подготовка к текущему контролю		11	11	-	-	-
Контроль:		-	-			
Подготовка к экзамену		-	-	-	-	-
Общая трудоемкость	**час.**	72	72	**-**	**-**	**-**
	в том числе контактная работа	**38,2**	**38,2**			
	зач. ед	**2**	**2**			

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.
Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре *(очная форма)*

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов					
		Всего	Аудиторная работа			КСР ИКР	Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР		СРС
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Задача оптимизации управляемых процессов	14,4	6	-	-	1,4	7
2.	Задачи оптимального управления в экономике	16,4	4	-	4	1,4	7
3.	Косвенные методы решения задач оптимального управления	41,2	8	-	12	1,4	19,8
	Итого по дисциплине:	72	18	-	16	4,2	33,8

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

2.3 Содержание разделов дисциплины
2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела	Темы лекций	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Задача оптимизации управляемых процессов	1) Математическая модель оптимальных управляемых процессов 2) Задача оптимизации управляемых процессов 3) Построение траектории управляемых процессов.	У, ИЗ
2.	Задачи оптимального управления в экономике	4) Примеры задач оптимального управления экономическими системами. 5) Достаточные условия оптимальности и их непосредственное применение к решению задач оптимального управления экономическими системами.	У, ИЗ
3.	Косвенные методы решения задач оптимального управления	6) Метод Лагранжа-Понтрягина для непрерывных управляемых процессов. 7) Принцип максимума Понтрягина и условия оптимальности многошагового процесса с неограниченным управлением. 8) Метод Гамильтона-Якоби-Беллмана для непрерывных управляемых процессов в динамических системах с обратной связью. 9) Метод Гамильтона-Якоби-Беллмана для многошаговых управляемых процессов в динамических системах с обратной связью.	У, ИЗ

2.3.2 Лабораторные занятия

Лабораторные занятия - не предусмотрены.

2.3.3 Занятия семинарского типа

№	Наименование раздела	Темы практических занятий	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Задача оптимизации управляемых процессов	-	-
2.	Задачи оптимального управления в экономике	1) Построение математических моделей задач оптимального управления экономическими системами. 2) Непосредственное применение достаточных условий оптимальности к решению задач оптимального управления экономическими системами.	ЛР
3.	Косвенные методы решения задач оптимального управления	3) Решение задач оптимального управления непрерывными процессами со скалярным состоянием и управлением методом Лагранжа-Понтрягина. 4) Решение задач оптимального управления непрерывными процессами с векторным состоянием и управлением методом Лагранжа-Понтрягина. 5) Решение задач оптимального управления многошаговыми процессами со скалярным состоянием и управлением методом Лагранжа-Понтрягина. 6) Решение задач оптимального управления многошаговыми процессами с векторным состоянием и управлением методом Лагранжа-Понтрягина 7) Решение задач оптимального управления непрерывными процессами методом Гамильтона-Якоби-Беллмана. 8) Решение задач оптимального управления многошаговыми процессами с векторным состоянием и управлением методом Гамильтона-Якоби-Беллмана	ЛР, КР, ИЗ

В данном подразделе, в табличной форме приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: устный опрос (У), выполнение индивидуального задания (ИЗ) ,защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), контрольной работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т), устного опроса (У), контрольной работы (К) и т.д.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ

Курсовые работы - не предусмотрены.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Проработка учебного (теоретического) материала	Теория оптимального управления: учебное пособие. - Оренбург: ОГУ, 2016. – 147 с. – доступно в электронно-библиотечной системе "Университетская библиотека online" http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=469724&sr=1.
2.	Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)	Власов М.П. Оптимальное управление экономическими системами: учебное пособие для студентов вузов / Власов М.П., Шимко П.Д. - М: ИНФРА-М, 2014. – 311.
3.	Подготовка к текущему контролю	Оптимальное управление в технических системах. Практикум: учебное пособие. - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. – 289 с. – доступно в электронно-библиотечной системе "Университетская библиотека online" http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=482037&sr=1

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,

– в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в печатной форме,

– в форме электронного документа,

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии

Для реализации компетентностного подхода предусматривается использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения аудиторных и внеаудиторных занятий, таких как лекция-визуализация, проблемная лекция, разбор практических задач, компьютерные симуляции, с применением современных математических пакетов прикладных программ, а именно:

– Пакета MATHCAD.

В процессе выполнения практических заданий учащиеся должны приобрести навык использования пакета MATHCAD для решения задач оптимального управления в экономике прямыми методами с привлечением численных методов и для проведения оптимизационного эксперимента.

Использование в обучении информационных технологий составляет 50% объема аудиторных занятий и способствует формированию и развитию профессиональных навыков обучающихся.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущей аттестации

4.1.1. Образец одного варианта контрольной работы №1

1. Решить краевую задачу оптимизации функционала качества и найти оптимальный управляемый процесс (оптимальную траекторию и оптимальное программное управление) методом Лагранжа-Понтрягина для скалярной функции состояния непрерывной управляемой системы

$$\frac{dx}{dt} = -2x(t) + u(t); \quad t \in [0; 1]; \quad x(0) = 1$$

$$J(x,u) = \int_0^1 (x^2(t) + u^2(t))dt \to min$$

2. Решить краевую задачу оптимизации функционала качества и найти оптимальный управляемый процесс (оптимальную траекторию и оптимальное программное управление) непрерывной управляемой системы при функции Гамильтона, линейной относительно управления, основываясь на принципе максимума Понтрягина

$$\frac{dx}{dt} = u(t); \quad t \in [0; 4]; \quad x(4) = 0; \ |u(t)| \le 1$$

$$J(x,u) = \int_0^4 (x(t) + u(t))dt \to min$$

4.1.2. Образец одного варианта контрольной работы №2

1. Решить краевую задачу оптимизации функционала качества и найти оптимальный управляемый процесс (оптимальную траекторию и оптимальное программное управление) методом Лагранжа-Понтрягина для векторной функции состояния непрерывной управляемой системы

$$\frac{dx_1}{dt} = -x_2(t); \quad \frac{dx_2}{dt} = x_1(t) + 2u(t);$$

$$t \in [0; 4]; \quad x_1(0) = 2; \ x_2(0) = 1; \ -1 \le u \le 2$$

$$J(x,u) = \int_0^4 u(t)dt + x_2(4) \to min$$

2. Решить краевую задачу оптимизации функционала качества и найти оптимальный закон управления и оптимальный управляемый процесс (оптимальную траекторию и оптимальное программное управление) для непрерывной управляемой системы с обратной связью методом Гамильтона-Якоби-Беллмана

$$\frac{dx}{dt} = u(t); \quad t \in [0; T]; \quad x(0) = x_0;$$

$$J(x,u) = \frac{1}{2}\int_0^T u^2(t)dt + x^2(T) \to min$$

4.1.3. Образец одного варианта индивидуального задания

ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАНИЯ

ЧАСТЬ 1. Построить математическую модель экономической задачи своего варианта и сделать постановку задачи оптимального управления заданного в варианте управляемого экономического процесса.

ЧАСТЬ 2. Найти оптимальный процесс управления (т.е. оптимальную программу управления и оптимальную траекторию вектора фазовых переменных) с помощью принципа максимума Понтрягина для случая отсутствия обратной связи.

ЧАСТЬ 3. Найти оптимальный закон управления и оптимальный процесс управления (т.е. оптимальную программу управления и оптимальную траекторию вектора фазовых переменных) методом Гамильтона-Якоби-Беллмана при наличии обратной связи. В табличном процессоре Excel построить график оптимального закона управления, оптимальной программы управления и оптимальную траекторию вектора фазовых переменных. Сделать выводы.

ЗАДАНИЯ ПО ВАРИАНТАМ

ВАРИАНТ 1.

1)Доказать теорему о принципе максимума Понтрягина для непрерывных управляемых процессов.

2) Исследовать задачу оптимального управления в однопродуктовой модели оптимального развития экономики.

Принятые обозначения:

X - валовая продукция;
C - непроизводственное потребление;
a - коэффициент производственных материальных затрат;
b - коэффициент приростной фондоемкости;
t - независимая переменная времени;
t_0 - начальный момент времени;
t_1 - конечный момент времени;
X_0 - объем валовой продукции в начальный момент времени;
C_{min} - минимально возможный объем непроизводственного потребления;
C_{max} - максимально возможный объем непроизводственного потребления;
α - весовой коэффициент потребления;
β - весовой коэффициент накопления производственного потенциала;
δ - коэффициент дисконтирования ($e^{-\delta t}$ – взвешивающая функция);
J(X(t),C(t))- критерий качества процесса (функционал).

Словесная постановка задачи:

Валовая продукция распадается на три составляющих: производственные затраты, пропорциональные выпуску продукции, прирост основных производственных фондов (на которые идут все капитальные валовые вложения, пропорциональные приросту выпуска продукции, при отсутствии амортизационных отчислений) и непроизводственное потребление. Оптимизировать процесс управления в непрерывном случае так, чтобы потребление было как можно больше и в конечный момент времени должна быть высокой интенсивность выпуска продукции.

Анализ проводить без учета дисконтирования.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

4.2.1. Пример (вариант) для промежуточной аттестации (зачета) по итогам освоения дисциплины

1. Изложите принцип построения траекторий управляемых процессов для случая, когда управление представляет собой разрывную функцию времени.
2. Из теоремы о достаточных условиях оптимальности для непрерывных процессов выведите уравнения метода Лагранжа-Понтрягина.
3. Решите краевую задачу оптимизации функционала качества и найдите оптимальный закон управления и оптимальный управляемый процесс (оптимальную траекторию и оптимальное программное управление) для непрерывной управляемой системы с обратной связью методом Гамильтона-Якоби-Беллмана

$$\frac{dx}{dt} = u(t); \quad t \in [0;T]; \quad x(0) = x_0; \; J(x,u) = \frac{1}{2}\int_0^T u^2(t)dt + x^2(T) \to min$$

4.2.2. Критерии оценки знаний

Оценка	
Не зачтено	**Зачтено**
Знает - на 0-59% постановку задачи оптимизации управляемых процессов; необходимые и достаточные условия оптимальности динамических процессов; прямые и косвенные методы оптимизации управления динамическими системами; примеры задач оптимального управления экономическими системами; метод сведения экономической задачи к дискретной задаче оптимального управления;	**Знает - на 60-100%** постановку задачи оптимизации управляемых процессов; необходимые и достаточные условия оптимальности динамических процессов; прямые и косвенные методы оптимизации управления динамическими системами; примеры задач оптимального управления экономическими системами; метод сведения экономической задачи к дискретной задаче оптимального управления;
Умеет - на 0-59% самостоятельно строить математическую модель управляемого процесса для экономической задачи; доказывать необходимость и достаточность условий оптимальности для непрерывных и многошаговых процессов; выводить вспомогательные соотношения косвенных методов оптимизации; осуществлять оптимизацию экономической системы в случае программного управления; определять оптимальный процесс для экономической системы с обратной связью;	**Умеет - на 60-100%** самостоятельно строить математическую модель управляемого процесса для экономической задачи; доказывать необходимость и достаточность условий оптимальности для непрерывных и многошаговых процессов; выводить вспомогательные соотношения косвенных методов оптимизации; осуществлять оптимизацию экономической системы в случае программного управления; определять оптимальный процесс для экономической системы с обратной связью;
Владеет - на 0-59% навыком применения достаточных условий к решению задачи оптимизации экономической системы; применения метода Лагранжа-Понтрягина к решению задачи оптимизации экономической системы; применения метода Гамильтона-Якоби-Беллмана к решению задачи оптимизации экономической системы; численной минимизации функционалов.	**Владеет - на 60-100%** навыком применения достаточных условий к решению задачи оптимизации экономической системы; применения метода Лагранжа-Понтрягина к решению задачи оптимизации экономической системы; применения метода Гамильтона-Якоби-Беллмана к решению задачи оптимизации экономической системы; численной минимизации функционалов.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в печатной форме увеличенным шрифтом,
– в форме электронного документа.
Для лиц с нарушениями слуха:
– в печатной форме,
– в форме электронного документа.
Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в печатной форме,
– в форме электронного документа.
Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

5.1 Основная литература:

1. Власов М.П. Оптимальное управление экономическими системами: учебное пособие для студентов вузов / Власов М.П., Шимко П.Д. - М: ИНФРА-М, 2014. – 311.
2. Теория оптимального управления: учебное пособие. - Оренбург: ОГУ, 2016. – 147 с. – доступно в электронно-библиотечной системе "Университетская библиотека online" http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=469724&sr=1.
3. Першин И. М. , Криштал В. А. , Григорьев В. В. Управление в технических системах. Введение в специальность: учебное пособие. - Ставрополь: СКФУ, 2014. – 146 с. – доступно в электронно-библиотечной системе "Университетская библиотека online" http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=457553&sr=1.
4. Оптимальное управление в технических системах. Практикум: учебное пособие. - Воронеж: Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2017. – 289 с. – доступно в электронно-библиотечной системе "Университетская библиотека online" http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=482037&sr=1 .

5.2. Дополнительная литература:

1. Специальные разделы теории управления. Оптимальное управление динамическими системами / Ю.Ю. Громов, О.Г. Иванова, В.В. Алексеев и др. ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 108 с. : ил. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL:http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277799 (27.05.2018).
2. Осмоловский Н.П., Тихомиров В.М. Оптимальное управление. - М: МЦНМО, 2008. – 320. – доступно на ЭБС "Университетская библиотека online" http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=63270&sr=1 .
3. Победаш, П.Н. Модели оптимального управления и операционного исчисления для многокритериального анализа экономических систем : монография / П.Н. Победаш, Е.С. Семенкин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский Федеральный университет. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. - 260 с. : табл., схем. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-7638-2483-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=363951(27.05.2018).

5.3. Периодические издания:

1. Вестник Московского Университета. Серия 15. Вычислительная математика и кибернетика: научный журнал. М.: МГУ. - доступно: www.biblioclub.ru – Университетская библиотека ONLINE.

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Электронно-библиотечная система "Университетская библиотека online" www.biblioclub.ru.

2. Электронно-библиотечная система Издательства «Лань» http://e.lanbook.com.

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

По курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, и лабораторных работ, в процессе выполнения которых закрепляется теоретический материал, вырабатываются навыки постановки оптимизационных задач, построения математических моделей экономических управляемых процессов и практического решения задач поиска оптимальных процессов.

Важнейшим этапом курса является самостоятельная работа по дисциплине (модулю), которая по данной дисциплине предусматривает следующие виды:

№ п/п	Виды/формы СР	Сроки выполнения	Формы контроля
1	Изучение лекционного материала по написанным конспектам лекций	В течение семестра	Устный опрос
2	Изучение дополнительного теоретического материала, вынесенного на самостоятельное изучение, по рекомендованной литературе	В течение семестра	Устный опрос
3	Выполнение домашних заданий, состоящих в решении проблемных задач по изученной при выполнении лабораторной работы теме	В течение семестра	Проверка
4	Выполнение индивидуального задания	К 01.12	Проверка
5	Подготовка к контрольным работам	Ноябрь	Контрольная работа
6	Подготовка к сдаче зачета.	Декабрь	Зачет

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)

8.1 Перечень информационных технологий.

– Выполнение лабораторных работ на компьютере с использованием пакетов MS Excel и MATHCAD.

– Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения

– Пакет универсальной математической системы («MATHCAD»).

– Табличный процессор («Microsoft Excel»).

8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем

1. Мурашкин В. Г. Инженерные и научные расчеты в программном комплексе MathCAD: учебное пособие. – Самара: СГАСУ, 2011. – 84 с. - доступно: www.biblioclub.ru – Университетская библиотека ONLINE.

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Аудитории, оснащенные презентационной техникой (проектор, экран, ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (Microsoft Office 2016). Ауд. 520А, 207Н, 208Н, 209Н, 212Н, 214Н, 201А, 205А, 4033Л, 4038Л, 4039Л, 5040Л, 5041Л, 5042Л, 5045Л, 5046Л
2.	Лабораторные занятия	Компьютерная лаборатория, укомплектованная 20 – 25 компьютерами типа Intel Pentium с программным обеспечением: Пакет имитационного моделирования («AnyLogic 7.3.5»), Табличный процессор («Microsoft Excel»). Ауд. 201Н, 202Н, 203Н, А203Н, 205А
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория, (кабинет) для групповых(индивидуальные) консультаций. Ауд., 2026Л, 2027Л, 4034Л, 4035Л, 4036Л, 5043Л, 201Н, 202Н, 203Н, А203Н
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Компьютерная лаборатория, укомплектованная 20 – 25 компьютерами типа Intel Pentium с программным обеспечением: Пакет имитационного моделирования («AnyLogic 7.3.5»), Табличный процессор («Microsoft Excel»). Ауд. 201Н, 202Н, 203Н, А203Н, 205А
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Ауд.213А, 218А, 201Н, 202Н, 203Н, А203Н