МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ П.Е.Троян

«____» _____ 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«ВАРИАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ»

Уровень основной образовательной программы _____бакалавриат

Направление подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Форма обучения _очная

Факультет __ систем управления

Кафедра автоматизированных систем управления

Курс 4

Семестр 7

Учебный план набора 2013 года и последующих лет

Распределение рабочего времени:

Виды учебной работы	Семестр 7	Всего	Единицы
Лекции	**18**	**18**	**часов**
Лабораторные работы	**не предусмотрено**	**не предусмотрено**	**часов**
Практические занятия	**18**	**18**	**часов**
Курсовой проект/работа (КРС) (аудиторная)	**нет**	**нет**	**часов**
Всего аудиторных занятий	**36**	**36**	**часов**
Из них в интерактивной форме	**8**	**8**	**часов**
Самостоятельная работа студентов (СРС)	**36**	**36**	**часов**
Всего (без экзамена)	**72**	**72**	**часов**
Самост. работа на подготовку и сдачу экзамена			**часов**
Общая трудоемкость	**72**	**72**	**часов**
(в зачетных единицах)	**2**	**2**	**ЗЕТ**

Зачет _7_ семестр **Диф.зачет – не предусмотрено**

Экзамен – не предусмотрено

Томск 2017

Согласована на портале № 16096

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 2 от « 24 » 1 2017 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта образования (ФГОС ПО) по направлению 01.02.03 Прикладная математика и информатика (квалификация (степень) бакалавр), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации 12.03.2015 №228, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «24» января 2017 г., протокол № 2.

Разработчик д.т.н., профессор, зав. каф. АСУ _____ А.М. Кориков

Зав. обеспечивающей кафедрой АСУ
д.т.н., профессор _____ А.М. Кориков

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами специальности.

Декан, к.т.н., доцент _____ П.В. Сенченко

Заведующий профилирующей и выпускающей
кафедрой АСУ, д.т.н., профессор _____ А.М. Кориков

Эксперт:

Кафедра АСУ,	доцент	_____	А.И. Исакова
(место работы)	(занимаемая должность)	(инициалы, фамилия)	

Согласована на портале № 16096

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Вариационное исчисление» читается в 7 семестре и предусматривает чтение лекций, проведение практических занятий, и получение различного рода консультаций.

Цель дисциплины: – изучение научных и методических основ, концепций, принципов, моделей и алгоритмов вариационного исчисления и его применения в задачах оптимального управления.

Задачей дисциплины является изучение и приобретение студентами навыков выбора методов, моделей и алгоритмов вариационного исчисления и его применения в задачах оптимального управления при проектировании и исследовании автоматизированных информационных систем в различных областях производственной, управленческой и коммерческой деятельности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Вариационное исчисление» относится к числу дисциплин по выбору.

Успешное овладение дисциплиной предполагает предварительные знания студентами разделов математики и информатики, которые они изучали в следующих дисциплинах: «Математический анализ», «Комплексный анализ», «Функциональный анализ», «Алгебра и геометрия», «Основы информатики», «Математическая логика и теория алгоритмов», «Дискретная математика», «Дифференциальные уравнения».

Знания, полученные студентами по данной дисциплине, будут использоваться при изучении следующих дисциплин: «Компьютерное моделирование», «Математические модели обработки данных», «Системы цифровой обработки сигналов».

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

общепрфессиональные компетенции (ОПК):

1) способностью использовать базовые знания естественных наук,математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой (**ОПК-1**);

2) способностью использовать основы экономических знаний в различных сферах жизнедеятельности **(ОПК-3)**;

профессиональные компетенции (ПК):

3) способностью понимать, совершенствовать и применять современный математический аппарат (**ПК-2**).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать: терминологию, основные понятия и определения, математические методы теории вариационного исчисления и её применения в задачах оптимального управления; научиться ставить и решать оптимизационные задачи управления в области технических и экономических систем.

Уметь: применять на практике решение задач в области теории управления, теории автоматического управления, теории оптимального управления.

Владеть: навыками решения практических задач вариационного исчисления, в том числе задач оптимального управления, в области технических и экономических систем.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры		
		. . .	7	. . .
Аудиторные занятия (всего)	**36**		**36**	
В том числе:	-	-	-	-
Лекции	18		18	
Лабораторные работы (ЛР)	не предусмотрено		-	
Практические занятия (ПЗ)	18		18	
Семинары (С)				
Коллоквиумы (К)				
Курсовой проект/(работа) (аудиторная нагрузка)	не предусмотрено		-	
Другие виды аудиторной работы				
Самостоятельная работа (всего)	36		36	
В том числе:	-	-	-	-
Курсовой проект (работа) (самостоятельная работа)	-		-	
Расчетно-графические работы	-		-	
Проработка лекционного материала	18		18	
Подготовка к лабораторным работам	14		14	

Согласована на портале № 16096

Самостоятельное изучение тем теоретической части	4		4	
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	зачет		зачет	
Общая трудоемкость час	72		72	
Зачетные Единицы Трудоемкости	2		2	

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1.Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	СРС	Всего час.	Формируемые компетенции
1.	Постановка и классификация задач вариационного исчисления (ВИ). Примеры задач ВИ.	4	2	6	12	**ОПК-1, 3, ПК– 2**
2	Вариационные методы в задачах оптимального управления (ОУ)	4	4	8	16	**ОПК-1, 3, ПК– 2**
3	Принцип максимума Понтрягина	4	4	8	16	**ОПК-1, 3, ПК– 2**
4	Динамическое программирование	4	8	12	24	**ОПК-1, 3, ПК– 2**
5	Иерархические (многоуровневые) системы ОУ	2		2	4	**ОПК-1, 3, ПК– 2**
Всего		**18**	**18**	**36**	**72**	

5.2.Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

№ п/п	Наименование разделов	Содержание разделов	Трудоемкость (час.)	Формируемые компетенции
1	**История вариационного исчисления. Постановка и классификация задач вариационного исчисления (ВИ). Примеры задач ВИ**	История вариационного исчисления (теории экстремумов функционалов): изопериметрические задачи у И.Кеплера, Г.Галилея и П.Ферма, задача о брахистохроне и работы И.Бернулли, Г.Лейбница, Я.Бернулли, исследования Л.Эйлера, метод вариаций Ж.Лагранжа, приложения к задачам механики, оптики, математической физики, работы С.Д.Пуассона, теория сильного экстремума К.Вейерштрасса и теория Гамильтона-Якоби. Роль вариационного исчисления в создании теории оптимального управления. Методологические основы теории оптимального управления. Применение методов вариационного исчисления и теории оптимального управления в инженерной практике. Связь с теорией автоматического управления. Исторический путь становления различных методов вариационного исчисления и теории оптимального управления. Содержательные и формализованные постановки задач вариационного исчисления и теории оптимального управления. Критерии качества и ограничения. Классификация задач теории оптимального управления по виду целевой функции, критерию и типу ограничений. Задачи математического программирования и управления. Примеры задач вариационного исчисления и оптимального управления.	4	**ОПК-1, 3, ПК– 2**
2	**Вариационные методы в задачах в задачах оптимального управления (ОУ)**	Общая постановка задачи оптимального управления. Допустимые управления. Уравнение Эйлера. Экстремальное управление и экстремальные траектории. Условия трансверсальности. Исследование второй вариации. Условие Лежандра-Клебша.	4	**ОПК-1, 3, ПК– 2**
3	**Принцип максимума Понтрягина**	Метод игольчатой вариации. Связь с вариационным исчислением. Особое управление. Оптимальное быстродействие.	4	**ОПК-1, 3, ПК– 2**
4	**Динамическое программирование**	Уравнение Беллмана для непрерывных и дискретных систем. Решение задач оптимального управления для непрерывных и дискретных систем в стационарном и нестационарном случаях. Связь методов динамического программирования и принципа максимума. Расчетные схемы методов динамического программирования и принципа максимума.	4	**ОПК-1, 3, ПК– 2**
5	**Иерархические (многоуровневы**	Анализ некоторых понятий оптимального, адаптивного и интеллектуального управления. Возможность единого подхода к	2	**ОПК-1, 3, ПК– 2**

Согласована на портале № 16096

	е) системы ОУ	проведению исследований по комплексной автоматизации и роботизации транспортных и технологических процессов (ТП) на основе оптимизационного подхода. Определение сложных оптимизационных систем управления (ОСУ) ТП как интеллектуальных систем управления (ИСУ), действующих рационально и оптимально. Обобщенная иерархическая структурная схема ОСУ. Формализация задач исследования ОСУ в виде иерархии экстремальных задач.		
ВСЕГО			**18**	

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

№ п/п	Наименование обеспечивающих (предыдущих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих (предыдущих) дисциплин				
		1	2	3	4	5
1.	«Математический анализ»	+	+	+	+	+
2.	«Комплексный анализ»		+	+	+	+
3.	«Функциональный анализ»		+	+	+	+
4.	«Алгебра и геометрия»	+	+	+	+	+
5	«Математическая логика и теория алгоритмов»		+	+	+	+
6	«Дискретная математика»		+	+	+	+
7	«Основы информатики»				+	+
8	«Дифференциальные уравнения»	+	+	+	+	+

№ п/п	Наименование последующих дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, которые необходимы при изучении последующих дисциплин				
		1	2	3	4	5
1.	«Компьютерное моделирование»	+			+	+
2.	«Математические модели обработки данных»	+	+	+	+	+
3.	«Системы цифровой обработки сигналов»	+	+		+	+

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

Компетенции	Л	ПЗ	СРС	Формы контроля
ОПК-1	+	+	+	Опрос на лекции; контрольные работы, проверка дом. заданий, тесты, тест
ОПК-3	+	+	+	Опрос на лекции; контрольные работы, проверка дом. заданий, тесты, тест
ПК-2	+	+	+	Опрос на лекции; контрольные работы, проверка дом. заданий, тесты, тест

Л – лекция, ПЗ – практические занятия, СРС – самостоятельная работа студента

6. МЕТОДЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной образовательной программе, с учетом требований к объему занятий в интерактивной форме.

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий

Формы / Методы	Лекции (час)	Практические работы (час)	Всего (час)
«Мозговая атака»	1	1	**2**
Презентации с использованием различных вспомогательных средств: интерактивной доски, раздаточных материалов, видеофильмов, слайдов, мультимедийной презентации, задания на СРС	2	4	**6**
Итого интерактивных занятий	**3**	**5**	**8**

Примечание.

1. «Мозговая атака» реализуется при коллективном обсуждении методик системного анализа.
2. Презентации с использованием различных вспомогательных средств (интерактивной доски, раздаточных материалов, видеофильмов, слайдов, мультимедийной презентации, задания на СРС) используются студентами на практических занятиях при выполнении и защите рефератов и отчетов по домашним заданиям.

7. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ не предусмотрены РУП.

Согласована на портале № 16096

8. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ (СЕМИНАРЫ)

Во время проведения практических работ студенты должны выбрать методы, модели и алгоритмы оптимального управления для оптимизационных задач управления ракетами, техническими и экономическими системами. Практические работы проводятся в компьютерном классе по следующим темам:

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Темы практических работ	Трудо-емкость (час.)	Формируемые компетенции
1.	1	Предпроектное обследование предметной области для выбора и разработки метода, модели и алгоритма оптимального управления.	4	**ОПК-1, 3, ПК– 2**
2.	2 – 5	Разработка математической модели и расчетной схемы оптимального управления для выбранной предметной области.	4	**ОПК-1, 3, ПК– 2**
3.	2 – 5	Разработка программных средств реализации оптимального управления для выбранной предметной области (например, синтез устройства управления и разработка программы для построения плана траектории полета ракеты от космодрома до орбитальной станции, оптимальной по заданному критерию).	6	**ОПК-1, 3, ПК– 2**
4.	1 – 5	Анализ результатов решения оптимизационной задачи управления для выбранной предметной области.	4	**ОПК-1, 3, ПК– 2**
ВСЕГО			**18**	

Рекомендации по подготовке материала к указанным темам лабораторных работ и правила оформления отчетов приведены в литературе [1 – 4] раздела 12.3.

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	№ раздела дисциплины из табл. 5.1	Тематика самостоятельной работы *(детализация)*	Трудо-емкость (час.)	Формируемые компетенции	Контроль выполнения работы (Опрос, тест, дом.задание, и т.д.)
1.	1÷5	Проработка лекционного материала	18	**ОПК-1, 3, ПК– 2**	Опрос на занятиях (устно)
3.	1÷5	Подготовка к практическим работам	14	**ОПК-1, 3, ПК– 2**	Отчет, контрольные. работы
5.	1,2	Самостоятельное изучение тем теоретической части	4	**ОПК-1, 3, ПК– 2**	Дом. Задание, тест
ВСЕГО			**36**		

Темы для самостоятельного изучения

1. Задачи Больца, Лагранжа, Майера и преобразование задачи с функционалом в одной форме к задаче с функционалом в другой форме. (1 тема, 2 часа).
2. Примеры задач оптимального управления в экономике. (1 тема, 2 часа).

10. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ не предусмотрено

11. БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА

Курс 4, семестр 7 Контроль обучения – Зачет.

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля.

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ю 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
Посещение лекций	2	2	2	**6**
Посещение практич.. занятий	3	3	3	**9**
Выполнение и контроль домашних заданий	4	4	5	**13**
Контрольные работы на практике	5	20	20	**45**
Тестовый контроль	5	5	5	**15**
Компонент своевременности	4	4	4	**12**
Итого максимум за период:	**23**	**38**	**39**	**100**
Нарастающим итогом	**23**	**61**	**100**	

Таблица 11.2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	**Оценка**

Согласована на портале № 16096

Не менее 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
Менее 60 % от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

Таблица 11.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно полученный зачет	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. Силич М.П. Моделирование и анализ бизнес процессов: Учебное пособие/ М.П. Силич , В.А. Силич .- 2011, 213 с. (16 экз.)

2. Мицель, А. А. Методы оптимизации: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Мицель А. А. — Томск: ТУСУР, 2016. — 68 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6603

12.2 Дополнительная литература

1. Кориков А.М. Теория систем и системный анализ: учебн. пособие. – / А.М. Кориков, С.Н. Павлов. – Томск: ТУСУР, 2007.- 344 с. (40 экз.)

2. Черепанов О.И. Методы оптимизации: Учебное пособие. – Томск : ТУСУР, 2007. - 203с. (15 экз.)

3. Черноруцкий И.Г. Методы оптимизации в теории управления: Учебное пособие для вузов / И. Г. Черноруцкий. - СПб.: Питер, 2004. – 255 с. (40 экз).

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Мицель, А. А. Методы оптимизации: Методические указания по выполнению **практических работ** [Электронный ресурс] / Мицель А. А. — Томск: ТУСУР, 2016. — 28 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6259

2. Носова, М. Г. Теория принятия решения: Учебно-методическое пособие для практических занятий и **самостоятельной работы** студентов направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» [Электронный ресурс] / Носова М. Г. — Томск: ТУСУР, 2016. — 38 с. — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6195

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.

Согласована на портале № 16096

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

1. www.compress.ru – Журнал «КомпьютерПресс»
2. www.osp.ru – Издательство «Открытые системы»
3. www.cnews.ru – Издание о высоких технологиях
4. www.it-daily.ru – Новости российского ИТ-рынка
5. www.isn.ru – Российская сеть информационного общества

13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

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, 4 этаж, ауд. 437, 438, 439. Состав оборудования: Учебная мебель; Экран с электроприводом DRAPER BARONET – 1 шт.; Мультимедийный проектор TOSHIBA – 1 шт.; 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– 10 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, 1 этаж, ауд. 100. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 4 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

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

Согласована на портале № 16096

здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице 14.1.

Таблица 14.1 – 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;
- 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 № 16096

Приложение к рабочей программе

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ **П. Е. Троян**

«___» _____ 2017 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

ВАРИАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ

Уровень основной образовательной программы бакалавриат

Направление подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль(и) Программное обеспечение вычислительных машин, систем и компьютерных сетей

Форма обучения очная

Факультет систем управления

Кафедра автоматизированных систем управления

Курс 4

Семестр 7

Учебный план набора 2013 года и последующих лет

Зачет 7 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 16096

1. ВВЕДЕНИЕ

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины «Вариационное исчисление» 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 «Вариационное исчисление» компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции
ОПК-1	способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	**Знать:** терминологию, основные понятия и определения, математические методы теории вариационного исчисления и её применения в задачах оптимального управления; Уметь: – применять на практике решение задач в области теории управления, теории автоматического управления, теории оптимального ***управления;*** – ставить и решать оптимизационные задачи управления в области технических и экономических систем. **Владеть:** навыками решения практических задач вариационного исчисления, в том числе задач оптимального управления, в области технических и экономических систем.
ОПК-3	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин и современные информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности	
ПК-2	способность разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	

2. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

2.1 Компетенция ОПК-1

ОПК-1: способностью использовать базовые знания естественных наук, математики и информатики, основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	– Знать роль естественных наук, математики и информатики на различных этапах оптимизации, в том числе с использованием вариационного исчисления (ВИ); – Знать концепции, принципы теорий, связанные с прикладной математикой и информатикой в рамках использования ВИ и теории оптимизации; – Знать принципы	– Уметь выполнять функции и использовать методы информационного менеджмента при построении задач естественных наук с применением ВИ и методов оптимизации (МО); – принимать решения в сфере связанной с прикладной математикой и информатикой, выделять наиболее актуальные базовые параметры ; – управлять способностью	– Владеть основными приемами стратегического тактического и оперативного планирования развития математических моделей; – приемами оценки трудностей в сфере оптимизации..

Согласована на портале № 16096

	построения естественнонаучных задач и возможности их оптимизации.	использовать базовые знания естественных наук для задач ВИ.	
Виды занятий	– Лекции; – Практические занятия	– Практические занятия;	– Практические занятия; – Самостоятельная работа студентов
Используемые средства оценивания	– Тест; – Контрольная работа; – Зачет	– Подготовка и защита индивидуального домашнего задания; – Конспект самостоятельной работы	– Защита отчета индивидуальной работы, – Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции 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 области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО (низкий уровень)	Обладает низким уровнем общих знаний	Обладает умениями на низком уровне, которые не достаточны для выполнения даже простых задач	Работает только при прямом наблюдении

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
ОТЛИЧНО (высокий уровень)	– Знает, как и чем обеспечивается роль естественных наук, математики и информатики на различных этапах оптимизации, в том числе с использованием вариационного исчисления (ВИ);	– Умеет выполнять функции и использовать методы информационного менеджмента при построении задач естественных наук с применением ВИ и методов оптимизации (МО);	– Владеет основными приемами стратегического тактического и оперативного планирования развития математических моделей;

Согласована на портале № 16096

	– Понимает концепции, принципы теорий, связанные с прикладной математикой и информатикой в рамках использования ВИ и теории оптимизации; – Глубоко принципы построения естественнонаучных задач и возможности их оптимизации; – Знает, как использовать базовые знания естественных наук для задач вариационного исчисления ВИ.	– Умеет принимать решения в сфере связанной с прикладной математикой и информатикой, выделять наиболее актуальные базовые параметры; – управлять способностью использовать базовые знания естественных наук для задач ВИ.	– приемами оценки трудностей в сфере оптимизации; – Владеет методами математики и информатики для задач ВИ и МО.
ХОРОШО (базовый уровень)	– Понимает роль современных МО и ВИ на примерах; – Имеет представление о том, как сопровождаются процессы развития ИКТ ИС и к чему они могут помочь МО и ВИ; – Осознает роль современных ИКТ при решении естественных задач, математики и информатики; – Знает виды МО с использованием информационных систем и современных ИКТ.	– Умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать решения в данной сфере; – Умеет эффективно использовать принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	– Владеет на хорошем уровне основными приемами только стратегического и тактического моделирования естественных задач; – Хорошо владеет приемами оценки затрат в сфере математики и информатики с использованием ВИ.
УДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО (низкий уровень)	– Знает общие представления о том, как формируется оптимизация задач с ВИ; – Понимает важную роль современных ВИ для естественнонаучных задач; – Знает общие представления о том, что собой представляют концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой.	– Умеет с использованием современных мат. мат.методами для принятия наиболее важные решения в при постановке естественнонаучных задач.	– Владеет основными приемами только стратегического планирования оптимизации с использованием ВИ и МО; – Слабо владеет методами оценки затрат в сфере оптимизации и ВИ.

2.2. **Компетенция ОПК-3**

ОПК-3: способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин и современные информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности

Согласована на портале № 16096

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	– Знает современные информационно-коммуникационные технологии и их роль на различных этапах познания вариационного исчисления(ВИ) в приложении к основным законам естественнонаучных дисциплин; – Знает особенности задач вариационного исчисления в развитии современных информационно-коммуникационных технологий; – Знает роль современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ);	– Умеет с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), выполнять функции для задач оптимизации и вариационного исчисления; – Умеет с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) принимать решения для понимания основных законов естественнонаучных дисциплин; – Умеет управлять персоналом, планировать повышение квалификации в сфере ИКТ и оценивать эффективность управления.	– Владеет основными приемами стратегического тактического и оперативного планирования развития современных ИКТ технологий в приложении к ВИ; – Владеет приемами оценки основных законов естественнонаучных дисциплин.
Виды занятий	– Лекции; – Практические занятия	– Практические занятия;	– Практические занятия; – Самостоятельная работа студентов
Используемые средства оценивания	– Тест; – Контрольная работа; – Зачет	– Подготовка и защита индивидуального домашнего задания; – Конспект самостоятельной работы	– Защита отчета индивидуальной работы, – Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

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

Таблица 6 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
ОТЛИЧНО (высокий уровень)	– Знает, как и чем обеспечивается оптимальное управление и зависимость оптимального управления от информационных ресурсов (технологическая и техническая) для решения задач естественнонаучных	– Умеет с использованием современных ИКТ, выполнять математическое моделирование и оптимизацию процессов с использованием в ВИ в естественно научных	– Владеет всеми приемами стратегического тактического и оперативного планирования развития современных ИКТ и ИС;

Согласована на портале № 16096

	дисциплин с использованием вариационного исчисления; – Понимает важную роль современных ИКТ при для описания основных физических и технологических процессов и законов; – Глубоко понимает особенности вариационного исчисления ИКТ и его использования в процессах оптимизации; – Знает, какие основные законы действуют на классах тех или иных задач, и как их можно оптимизировать.	вопросах; – Умеет для любой задачи с использованием современных ИКТ принимать аргументированные решения с целью ее оптимизации; – Умеет управлять персоналом (коллективом из 2-3 человек), планировать повышение квалификации в сфере ИС и современных ИКТ и оценивать эффективность своего управления по результатам деятельности работника в коллективе.	– Способен применить приемы для оценки эффективности оптимизации для тех естественно научных задач – Владеет методами оптимизации с использованием ВИ.
ХОРОШО (базовый уровень)	– Понимает управленческую роль современных ИКТ на некоторых этапах жизненного цикла ИС; – Имеет представление о том, как сопровождаются процессы развития ИКТ ИС и к чему они могут привести; – Осознает роль современных ИКТ при управлении оптимизацией в научной сфере; – Знает виды анализа оптимизации современных ИКТ.	– Умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать решения в информационной и технологический сфере; – Умеет эффективно использовать потенциал основных естественнонаучных законов.	– Владеет на хорошем уровне основными приемами только технического планирования развития современных ИКТ и ИС; – Хорошо владеет приемами оценки оптимизации в сфере информатизации, но только при полной информации о проблеме.
УДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО (низкий уровень)	– Знает общие представления о том, как формируется оптимизация технологических задач с ИС; – Понимает важную роль современных ИКТ для естественнонаучных задач в информационной сфере; – Знает общие представления о том, что собой представляют информационные ресурсы.	– Умеет с использованием современных ИКТ принимать наиболее важные решения в при постановке естественнонаучных задач.	– Владеет основными приемами только стратегического планирования оптимизации с использованием ИКТ и ИС; – Слабо владеет методами оценки затрат в сфере оптимизации и ВИ.

2.2 Компетенция ПК-2

ПК-2: способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач.

Согласована на портале № 16096

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	– Знает основные принципы вариационного исчисления и теории управления;	– Умеет использовать методы компьютерного моделирования, вычислительные методы при решении вариационных математических задач.	– *Владеет практическими навыками в области вариационных исчислений иоптимального управления*
Виды занятий	– Лекции; – Практические занятия	– Практические занятия;	– Практические занятия; – Самостоятельная работа студентов
Используемые средства оценивания	– Тест; – Контрольная работа; – Зачет	– Подготовка и защита индивидуального домашнего задания; – Конспект самостоятельной работы	– Защита отчета индивидуальной работы, – Зачет

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенции на всех этапах приведены в таблице 3.

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

Таблица 8 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
ОТЛИЧНО (высокий уровень)	– Знает все основные методы вариационного исчисления, все их типы и структуры, динамические и статические, этапы разработки и уточнения. – Знает, зачем необходимы вариационного исчисления, в каких ситуациях научных проблем и задач они нужны и когда нет; – Глубоко понимает особенности вариационного исчисления в различных сферах; – Знает и понимает целый ряд вариационного исчисления к физике, механике, и т.д.	– Умеет с использованием современных вычислительных систем проводить вариационные вычисления; – Умеет разрабатывать и отлаживать эффективные вариационного исчисления и прикладное программное обеспечение с использованием современных технологий программирования.	– Владеет всеми приемами стратегического тактического и оперативного планирования развития современных вариационных исчислений; – Способен применить приемы вариационного исчисления при неполной информации о объекте; – Владеет основными методами вариационного исчисления.
ХОРОШО (базовый	– Понимает роль современных	– Умеет корректно выражать и	– Владеет на хорошем уровне

Согласована на портале № 16096

уровень)	вариационного исчисления в науке и технологии; – Имеет представление о том, как создаются теоретические вариационного исчисления и к чему они могут привести;	аргументировано обосновывать решения необходимые для данных процессов;	основными приемами только базового вариационного исчисления; – Хорошо владеет приемами оценки качества вариационного исчисления в рамках поставленной задачи.
УДОВЛЕТВО-РИТЕЛЬНО (низкий уровень)	– Знает общие представления о непрерывных вариационном исчислении; – Понимает важную роль вариационного исчисления в информационной сферы и технологической сфере; – Знает общие представления о том, что собой представляет вариационное исчисление	– Умеет с использованием вариационного исчисления принимать наиболее важные решения в информационной, научной и технологической сфере.	– Владеет основными приемами и методами вариационного исчисления;

3. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются следующие материалы: 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 составе, приведенном ниже.

3.1. Темы практических занятий

На практических занятиях студенты должны перевести решить задачу по переводу ракеты из одного состояния в другое по заданным условиям.

Научиться планировать оптимальное управление и синтезировать устройство управления.

1) Построить план траектории полета ракеты от космодрома до орбитальной станции, оптимальный по заданному критерию.
2) Описать физическую модель полета ракеты. Синтезировать устройство.
3) Записать математическую модель полета ракеты.
4) Расписать требования на работу регулятора.
5) Провести линеаризацию задачи.
6) Написать программу визуализации полета ракеты.
7) Написать программу управления написать программу УУ и ОУ.
8) Выполнить тесты взлета ракеты.
9) Моделирования полета и сдача темы.

Станция расположена по координатам X_S, Y_S и наклонена под углом φ_S к оси OX. Перед стартом, ракета расположена по координатам $X(t_0)$, $Y(t_0)$ и наклонена под углом $\varphi(t_0)$. Масса ракеты M, длина L. Максимальные силы, которые двигатели ракеты могут развивать: $\max F$, $\max F_B$, $\max F_L$, $\max F_R$ (см. табл. 1).

Таблица 1 – Данные модели

№	Параметры модели					Начальные условия					
	M	L	$\max F$	$\max F_B$	$\max F_L$ $\max F_R$	$X(t_0)$	$Y(t_0)$	$\varphi(t_0)$	X_S	Y_S	φ_S
1	100	50	0.5	0.3	0.005	0	25	$\pi/2$	20000	10000	0

Согласована на портале № 16096

2	200	50	1	0.5	0.01	0	25	$\pi/2$	-20000	10000	π
3	100	50	0.5	0.3	0.005	0	25	$\pi/2$	-20000	10000	π
4	200	50	1	0.5	0.01	0	25	$\pi/2$	20000	10000	0
5	300	50	0.5	0.4	0.009	0	25	$\pi/2$	-20000	10000	π
6	200	50	1	0.5	0.01	0	25	$\pi/2$	20000	10000	0
7	300	50	0.5	0.4	0.008	0	25	$\pi/2$	20000	10000	0
8	200	50	1	0.5	0.01	0	25	$\pi/2$	-20000	10000	π
9	400	50	0.5	0.3	0.007	0	25	$\pi/2$	-20000	10000	π
10	400	50	1	0.4	0.01	0	25	$\pi/2$	20000	10000	0

Описание модели

Ракета управляется с помощью четырёх двигателей ракеты (рис. 1).

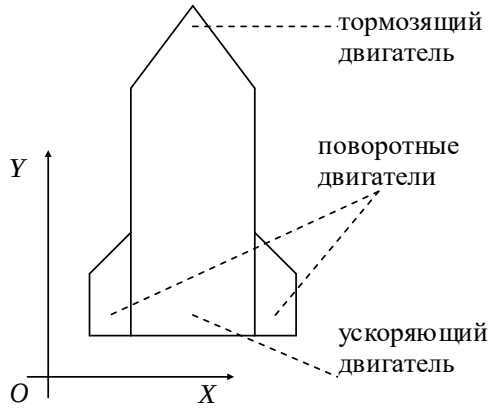


Рис. 1 – Расположение двигателей ракеты

Допущения:

1 модель ракеты – одномерный, однородный стержень длинной L массой M с центром масс по середине;

2 не учитываются силы притяжения к Земле;

3 не учитываются силы сопротивления атмосферы;

4 не учитывается: расход топлива ракеты;

5 масса ракеты постоянная величина.

Принимая во внимание допущение 1, момент инерции вращения ракеты относительно центра масс будет следующим:

$$J = M\frac{L^2}{12}.$$

В качестве дискретной модели движения ракеты под действием сил двигателей взята следующая система уравнений:

$$\begin{cases} V_X(t) = A(t)\cos\left(\varphi(t-\Delta t)\right)\Delta t + V_X(t-\Delta t) \\ V_Y(t) = A(t)\sin\left(\varphi(t-\Delta t)\right)\Delta t + V_Y(t-\Delta t) \\ X(t) = V_X(t)\Delta t + X(t-\Delta t) \\ Y(t) = V_Y(t)\Delta t + Y(t-\Delta t) \\ \omega(t) = \varepsilon(t)\Delta t + \omega(t-\Delta t) \\ \varphi(t) = \omega(t)\Delta t + \varphi(t-\Delta t) \end{cases}$$

где

$A(t) = \left(F(t) - F_B(t)\right)M$ - ускорение ракеты под действием ускоряющего и тормозящего двигателей;

$\varepsilon(t) = \left(F_L(t) - F_R(t)\right)J$

$\varepsilon(t) = \left(FL(t) - FR(t)\right)\frac{L}{2}J$ - угловое ускорение ракеты под действием поворотных двигателей;

$V_X(t), V_Y(t)$ - проекции вектора скорости на соответствующие оси координат;

$X(t), Y(t)$ - координаты ракеты;

Согласована на портале № 16096

$\omega(t)$ - угловая скорость ракеты;

$\varphi(t)$ - угол между направлением ракеты и осью OX ;

$F(t), F_B(t), F_L(t), F_R(t)$ - силы тяги двигателей ускоряющего, тормозящего, левого, и правого соответственно;

t - время с момента старта ракеты;

Δt - шаг изменения времени.

Структурная схема поведения ракеты представлена на рисунке 2.

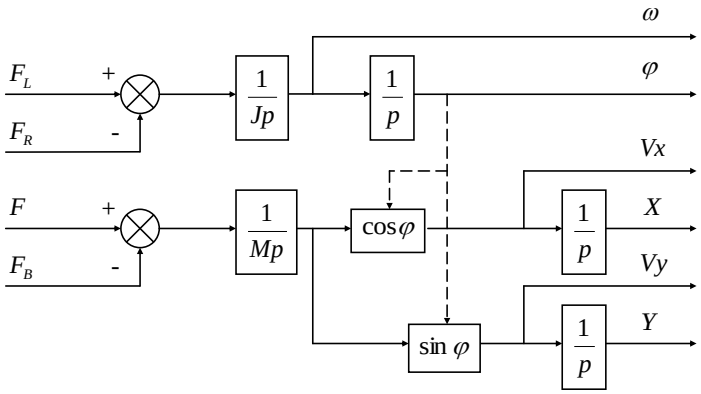


Рис. 2 – Структурная схема модели ракеты

Критерии для оптимизации:

1) Минимизация времени полета
2) Минимизация расхода топлива

3.2. Вопросы для подготовки к теоретическому зачету (для студентов, которые не выполнили все контрольные работы и индивидуальные задания) по дисциплине «Вариационное исчисление»

1) Вариационное исчисление. Основные понятия и определения.
2) Решение классической задачи вариационного исчисления о брахистохроне.
3) Понятие об оптимальном управлении.
4) Основные задачи синтеза оптимальных САУ и их особенности.
5) Классификация оптимальных САУ.
6) Основные методы теории оптимального управления.
7) Необходимые условия экстремума функционала. Уравнения Эйлера -Лагранжа. Условия Вейерштрасса - Эрдмана.
8) Постановка задач синтеза САУ:
9) оптимальных по быстродействию; - оптимальных по расходу ресурсов;
10) с минимальной энергией управления; - с минимальными потерями управления.
11) Решение задач синтеза оптимальных САУ.
12) Теорема об интервалах.
13) Пример синтеза САУ, оптимальной по быстродействию.
14) Задача аналитического конструирования регуляторов (пример).
15) Геометрическая интерпретация принципа максимума Понтрягина.
16) Функция Гамильтона для автономной системы.
17) Основная теорема принципа максимума.
18) Функция Гамильтона для неавтономной системы.
19) Определение оптимальных по быстродействию управлений с помощью принципа максимума.
20) Геометрическая интерпретация принципа оптимальности Беллмана.
21) Решение дискретной задачи определения оптимальной траектории методом динамического программирования.
22) Синтез оптимальных дискретных САУ методом динамического программирования.
23) Формулировка принципа оптимальности Беллмана для непрерывных динамических систем.
24) Вывод уравнения Беллмана.
25) Достоинства метода динамического программирования.
26) Синтез САУ, оптимальной по расходу энергии управления методом динамического программирования (решение А.М. Летова).

Согласована на портале № 16096

27) Синтез алгоритма УУ САУ, оптимальной по расходу энергии управления (частный случай).

28) Синтез оптимального алгоритма управления двигателем постоянного тока методом динамического программирования (пример).

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, в составе:

1. Учебные пособия по дисциплине «Вариационное исчисление» приведено в рабочей программе в разделе 12.1 [1-2].
2. Методические указания по самостоятельной и индивидуальной работе студентов всех форм обучения приведены в рабочей программе в разделе 12.3.1 [2].

Методические указания к практическим занятиям и по самостоятельной работе приведены в рабочей программе в разделе 12.3.1 [1].

Согласована на портале № 16096