

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

Документ подписан электронной подписью
Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-ae0-5584d3fd4820
Владелец: Троян Павел Ефимович
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

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

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. Корилов

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

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. Корилов

Эксперт:

Кафедра АСУ,
(место работы)

доцент
(занимаемая должность)

(инициалы, фамилия)

А.И. Исакова

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:

общефессиональные 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		-	
<i>Другие виды аудиторной работы</i>				
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	

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 быстрое действие.	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 (многоуровневые)	Анализ некоторых понятий оптимального, адаптивного и интеллектуального управления. Возможность единого подхода к	2	ОПК-1, 3, ПК- 2

	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
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

Методы	Формы	Лекции (час)	Практические работы (час)	Всего (час)
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.

- «Мозговая атака» реализуется при коллективном обсуждении методик системного анализа.
- 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.

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	Трудоемкость (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)	Трудоемкость (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
---------------------------------	--------

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	E (посредственно)
	60 - 64	F (неудовлетворительно)
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. Корилов А.М. Теория систем и системный анализ: учебн. пособие. – / А.М. Корилов, 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.

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 видеувеличителей для удаленного просмотра.

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

14. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

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

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями

здоровья

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

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

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:
ОПК-3	способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин и современные информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности	– применять на практике решение задач в области теории управления, теории автоматического управления, теории оптимального <i>управления</i> ;
ПК-2	способностью разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	– 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.

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 вида занятий и используемые средства оценивания, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	<ul style="list-style-type: none"> – 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 	<ul style="list-style-type: none"> – 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 	<ul style="list-style-type: none"> – Владеть основными приемами стратегического тактического и оперативного планирования развития математических моделей; – приемами оценки трудностей в сфере оптимизации..

	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;

	<ul style="list-style-type: none"> – 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. 	<ul style="list-style-type: none"> – 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. 	<ul style="list-style-type: none"> – приемами оценки трудностей в сфере оптимизации; – Владеет методами математики и информатики для задач ВИ и МО.
ХОРОШО (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> – 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. 	<ul style="list-style-type: none"> – Умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать решения в данной сфере; – Умеет эффективно использовать принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой. 	<ul style="list-style-type: none"> – 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.
УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО (низкий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> – 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. 	<ul style="list-style-type: none"> – Умеет с использованием современных мат. методами для принятия наиболее важные решения в при постановке естественнонаучных задач. 	<ul style="list-style-type: none"> – 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

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	<ul style="list-style-type: none"> – 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); 	<ul style="list-style-type: none"> – 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. 	<ul style="list-style-type: none"> – 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	<ul style="list-style-type: none"> – Лекции; – Практические занятия 	<ul style="list-style-type: none"> – Практические занятия; 	<ul style="list-style-type: none"> – Практические занятия; – Самостоятельная работа студентов
Используемые средства оценивания	<ul style="list-style-type: none"> – Тест; – Контрольная работа; – Зачет 	<ul style="list-style-type: none"> – Подготовка и защита индивидуального домашнего задания; – Конспект самостоятельной работы 	<ul style="list-style-type: none"> – 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)	<ul style="list-style-type: none"> – Знает, как и чем обеспечивается оптимальное управление и зависимость оптимального управления от информационных ресурсов (технологическая и техническая) для решения задач естественнонаучных 	<ul style="list-style-type: none"> – Умеет с использованием современных ИКТ, выполнять математическое моделирование и оптимизацию процессов с использованием в ВИ в естественно научных 	<ul style="list-style-type: none"> – Владеет всеми приемами стратегического тактического и оперативного планирования развития современных ИКТ и ИС;

	<p>дисциплин с использованием вариационного исчисления;</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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. 	<p>вопросах;</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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. 	<ul style="list-style-type: none"> – Способен применить приемы для оценки эффективности оптимизации для тех естественно научных задач – Владеет методами оптимизации с использованием ВИ.
ХОРОШО (базовый уровень)	<ul style="list-style-type: none"> – 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. 	<ul style="list-style-type: none"> – Умеет корректно выражать и аргументированно обосновывать решения в информационной и технологической сфере; – Умеет эффективно использовать потенциал основных естественнонаучных законов. 	<ul style="list-style-type: none"> – 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.
УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО (низкий уровень)	<ul style="list-style-type: none"> – 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. 	<ul style="list-style-type: none"> – Умеет с использованием современных ИКТ принимать наиболее важные решения в при постановке естественнонаучных задач. 	<ul style="list-style-type: none"> – 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.

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.	– <i>Владеет практическими навыками в области вариационных исчислений и оптимального управления</i>
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

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.
УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО (низкий уровень)	– Знает общие представления о непрерывных вариационном исчислении; – Понимает важную роль вариационного исчисления в информационной сфере 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

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).

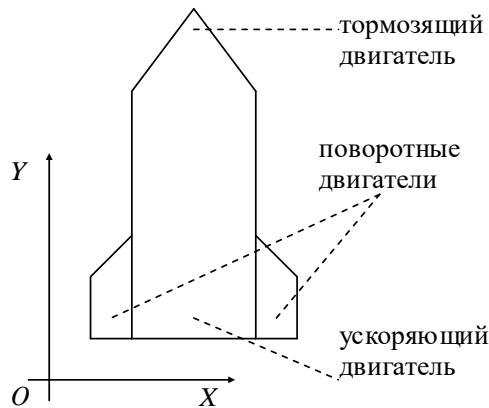


Рис. 1 – Расположение двигателей ракеты

Допущения:

1 модель ракеты – одномерный, однородный стержень длиной 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:

$$\begin{cases} V_x(t) = A(t) \cos(\varphi(t - \Delta t)) \Delta t + V_x(t - \Delta t) \\ V_y(t) = A(t) \sin(\varphi(t - \Delta t)) \Delta t + V_y(t - \Delta t) \\ X(t) = V_x(t) \Delta t + X(t - \Delta t) \\ Y(t) = V_y(t) \Delta t + Y(t - \Delta t) \\ \omega(t) = \varepsilon(t) \Delta t + \omega(t - \Delta t) \\ \varphi(t) = \omega(t) \Delta t + \varphi(t - \Delta t) \end{cases}$$

где

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

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

$\varepsilon(t) = (FL(t) - FR(t))\frac{L}{2}J$ - 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;

$\omega(t)$ - 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.

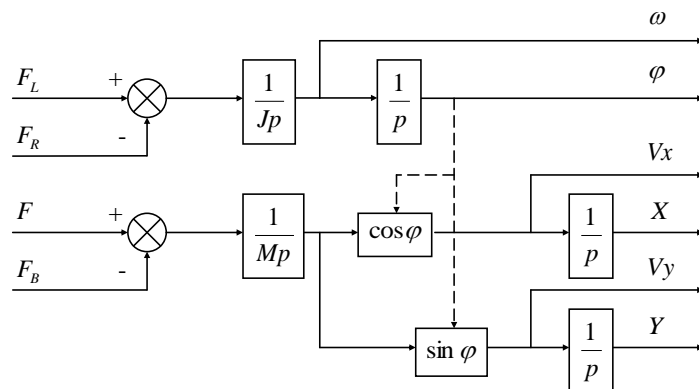


Рис. 2 – Структурная схема модели ракеты

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. Легова).

- 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].