|  |  |
| --- | --- |
| Министерство науки и высшего образования Российской Федерации | |
| Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение | |
| высшего образования | |
| «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина | |
| (Технологии. Дизайн. Искусство)» | |
|  | |
| Институт | мехатроники и информационных технологий |
| Кафедра | прикладной математики и программирования |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  **УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ** | | |
| Методы оптимизации систем управления | | |
| Уровень образования | бакалавриат | |
| Направление подготовки/Специальность | 01.03.02 | Прикладная математика и информатика |
| Направленность (профиль)/Специализация | Математические методы, технологии цифрового моделирования и искусственного интеллекта | |
| Срок освоения образовательной программы по очной форме обучения | 4 года | |
| Форма обучения | очная | |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Рабочая программа учебной дисциплины «Методы оптимизации систем управления» основной профессиональной образовательной программы высшего образования*,* рассмотрена и одобрена на заседании кафедры, протокол № 000 от 01.01.0001 г. | | | |
| Разработчик рабочей программы учебной дисциплины: | | | |
|  | Профессор | А.А. Солодов | |
| Заведующий кафедрой: | | В.В. Горшков |

# ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

* + - 1. Учебная дисциплина «Методы оптимизации систем управления»изучается в седьмом семестре*.*
      2. Курсовая работа – не предусмотрена.

## Форма промежуточной аттестации:

|  |  |
| --- | --- |
| Седьмой семестр | *-* экзамен |
|  |  |
|  |  |

## Место учебной дисциплины в структуре ОПОП

* + - 1. Учебная дисциплина относится к обязательной части программы*.*

Основой для освоения дисциплины являются результаты обучения по предшествующим дисциплинам:

* Математический анализ I;
* Математический анализ II;
* Математический анализ III;
* Дополнительные главы математического анализа;
* Дифференциальные уравнения;
  + - 1. Результаты обучения по учебной дисциплине используются при прохождении следующих практик:
* Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
* Производственная практика (Преддипломная практика)

# ЦЕЛИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

* + - 1. Целью освоения дисциплины «Методы оптимизации систем управления» является:
    - изучение понятий, используемых в теории динамических систем автоматического управления;
    - формирование навыков научно-теоретического подхода к решению задач профессиональной направленности и практического их использования в дальнейшей профессиональной деятельности;
    - формирование у обучающихся компетенций, установленных образовательной программой в соответствии с ФГОС ВО по данной дисциплине.
      1. Результатом обучения по дисциплине является овладение обучающимися знаниями, умениями, навыками и опытом деятельности, характеризующими процесс формирования компетенций и обеспечивающими достижение планируемых результатов освоения дисциплины.

## Формируемые компетенции, индикаторы достижения компетенций, соотнесённые с планируемыми результатами обучения по дисциплине:

| **Код и наименование компетенции** | **Код и наименование индикатора**  **достижения компетенции** | **Планируемые результаты обучения**  **по дисциплине** |
| --- | --- | --- |
| УК-2  Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач. | ИД-УК-2.1  Анализ поставленной цели и определение круга задач в рамках поставленной цели, связей между ними и ожидаемых результатов их решения, анализ альтернативных вариантов для достижения намеченных результатов; использование нормативно-правовой документации в сфере профессиональной деятельности;  ИД-УК-2.2  Оценка решения поставленных задач в зоне своей ответственности в соответствии с запланированными результатами контроля, корректировка способов решения профессиональных задач;  ИД-УК-2.4  Представление результатов проекта, предложение возможности их использования и/или совершенствования в соответствии с запланированными результатами и точками контроля, при необходимости коррекция способов решения задач. | * Применяет методы представления и исследования систем управления в пространстве состояний для формулировки задач автоматического управления. * Выделяет взаимосвязи между отдельными задачами, используемыми для достижения поставленной цели. * Использует нормативно-правовую документацию в сфере разработки оптимальных автоматических систем управления; * Применяет методы оценки решения поставленных задач; * Умеет оценить отклонения достигнутых результатов от запланированных и соответственно корректировать способы достижения результатов; * Владеет методами представления полученных результатов заказчику; * Умеет сформулировать предложения по использованию и совершенствованию полученных результатов; * Умеет воспринять критические замечания по результатам выполнения проекта и адекватно на них реагировать. |
| ОПК-1  Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности | ИД-ОПК-1.1  Анализ базовых понятий и методов фундаментальных математических дисциплин, использующихся в профессиональной деятельности.  ИД-ОПК-1.2  Применение фундаментальных знаний, полученных в области математических и естественных наук и их использование в профессиональной деятельности.  ИД-ОПК-1.3  Осуществление выбора методов решения задач профессиональной деятельности на основе теоретических знаний | * Знает принципы и приемы постановки задач оптимального управления, * Может поставить и решить задачу описания системы автоматического управления в пространстве состояний, * Может сформулировать адекватны критерий качества автоматического управления * Владеет методами отыскания оптимальных управлений в автоматических системах по выбранному критерию, * Умеет провести критический анализ полученных результатов и сформулировать направления дальнейшего изучения. |

# СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ/МОДУЛЯ

* + - 1. Общая трудоёмкость учебной дисциплины/модуля по учебному плану составляет:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| по очной форме обучения – | 3 | **з.е.** | 108 | **час.** |
| по очно-заочной форме обучения – |  | **з.е.** |  | **час.** |
| по заочной форме обучения – |  | **з.е.** |  | **час.** |

## Структура учебной дисциплины для обучающихся по видам занятий (очная форма обучения)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Структура и объем дисциплины** | | | | | | | | | |
| **Объем дисциплины по семестрам** | **форма промежуточной аттестации** | **всего, час** | **Контактная аудиторная работа, час** | | | | **Самостоятельная работа обучающегося, час** | | |
| **лекции, час** | **практические занятия, час** | **лабораторные занятия, час** | **практическая подготовка, час** | ***курсовая работа/***  ***курсовой проект*** | **самостоятельная работа обучающегося, час** | **промежуточная аттестация, час** |
| 7семестр | экзамен | 108 | 15 | 30 |  |  |  | 27 | 36 |
| Всего: |  | 108 | 15 | 30 |  |  |  | 27 | 36 |

## Структура учебной дисциплины/модуля для обучающихся по разделам и темам дисциплины: (очная форма обучения)

| **Планируемые (контролируемые) результаты освоения:**  **код(ы) формируемой(ых) компетенции(й) и индикаторов достижения компетенций** | **Наименование разделов, тем;**  **форма(ы) промежуточной аттестации** | **Виды учебной работы** | | | | **Самостоятельная работа, час** | **Виды и формы контрольных мероприятий, обеспечивающие по совокупности текущий контроль успеваемости;**  **формы промежуточного контроля успеваемости** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Контактная работа** | | | |
| **Лекции, час** | **Практические занятия, час** | ***Лабораторные работы/ индивидуальные занятия, час*** | **Практическая подготовка, час** |
|  | **Седьмойсеместр** | | | | | | |
| УК-2  ИД-УК-2.1  ИД-УК-2.2  ИД-УК-2.4  ОПК-1:  ИД-OПК-1.1  ИД-ОПК-1.2  ИД-ОПК-1.3 | **Раздел I. Метод уравнений состояния.** | 6 | 12 | х | х | 10 |  |
| Тема 1.1. Метод уравнений состояния динамических систем. Общее понятие оптимальности решений. | 2 |  |  |  | 2 | Формы текущего контроля  по разделу I:  устный опрос.  Формы текущего контроля  по разделу I:  устный опрос.  Формы текущего контроля  по разделу I:  устный опрос  Формы текущего контроля  по разделу IV:  устный опрос. |
| Тема 1.2. Общая постановка задачи оптимизации. Критерии оптимизации. | 4 |  |  |  | 2 |
| Практическое занятие №1.1. Составление уравнений состояния простейших динамических систем. |  | 4 |  |  | 2 |
| Практическое занятие №1.2. Приведение уравнений состояния к каноническому виду. |  | 4 |  |  | 2 |
| Практическое занятие №2.1. Разработка критериев оптимизации систем второго порядка. |  | 4 |  |  | 2 |
| **Раздел II. Классические методы оптимизации.** | 2 | 4 |  |  | 4 |
| Тема 2.1 Метод оптимизации без ограничений на управление. Классический метод Лагранжа-Эйлера. | *2* |  |  |  | 2 |
| Практическое занятие № 2.1. Решение задач оптимального управления системой второго порядка методом уравнений Эйлера. |  | 4 |  |  | 2 |
| **Раздел III. Метод максимума Понтрягина.** | *4* | 8 |  |  | 8 |
| Тема 3.1. Задача оптимизации с ограничениями на управление. Метод максимума Понтрягина. | 2 |  |  |  | 2 |
| Тема 3.2. Геометрическая интерпретация метода Понтрягина, его связь с уравнениями Эйлера. | *2* |  |  |  | 2 |
| Практическое занятие №3.1. Оптимизация систем второго порядка с ограничениями на управление методом Понтрягина. |  | 4 |  | 4 | 2 |
| Практическое занятие №3.2. Теорема об n интервалах. |  |  |  |  | 2 |
| **Раздел IV. Метод динамического программирования Беллмана.** | 3 | 6 |  |  | 5 |
| УК-2  ИД-УК-2.1  ИД-УК-2.2  ИД-УК-2.4  ОПК-1:  ИД-OПК-1.1  ИД-ОПК-1.2  ИД-ОПК-1.3 | Тема 4.1. Уравнение Беллмана для непрерывной системы с минимальным временем управления. Общее уравнение Беллмана для непрерывной системы. | 3 |  |  |  | 3 |  |
| Практическое занятие №4.1. Применение уравнения Беллмана для системы второго порядка при минимальном времени управления. Принцип соответствия различных форм уравнения Беллмана. |  | *6* |  |  | 2 |  |
| Экзамен | х | х | х | х | х |
| **ИТОГО за первый семестр** | **15** | **30** |  |  | **27** |
| **ИТОГО за весь период** | **15** | **30** |  |  | **27** |

## Краткое содержание учебной дисциплины

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № пп | **Наименование раздела и темы дисциплины** | **Содержание раздела (темы)** |
| **Раздел I** | **Метод уравнений состояния** | |
| Тема 1.1 | Метод уравнений состояния динамических систем. Общее понятие оптимальности решений. | Формулировка понятия состояния системы автоматического управления и пространства состояний. Метрика пространства состояний. Понятие изображающей точки и ее движение в пространстве состояний.  Общая формулировка управления и оптимального управления в пространстве состояний.  Уравнение движения линейной системы второго порядка. |
| Тема 1.2 | Общая постановка задачи оптимизации. Критерии оптимизации. | Постановка задачи оптимального управления:  Уравнения движения системы  Показатель качества управления. Формулировка различных критериев оптимального управления.  Ограничения в задаче управления  Начальные и граничные условия. |
| **Раздел II** | **Классические методы оптимизации** | |
| Тема 2.1 | Метод оптимизации без ограничений на управление. Классический метод Лагранжа-Эйлера. | Формулировка оптимизации управления системой методами вариационного исчисления. Ограничения метода, преимущества метода. Оптимизация систем управления второго порядка. |
| **Раздел III** | **Метод максимума Понтрягина** | |
| Тема 3.1. | Задача оптимизации с ограничениями на управление. Метод максимума Понтрягина. | Формулировка принципа максимума Понтрягина в задачах оптимизации. Общая методика применения метода максимума. Теорема об n интервалах Методы задания начальных условий для функций i . |
| Тема 3.2. | Геометрическая интерпретация метода Понтрягина, его связь с уравнениями Эйлера. | Понятие изоповерхности для показателя качества управления, связь градиента к изоповерхности с принципом максимума. Вывод уравнений Лагранжа-Эйлера на основании принципа максимума |
| **Раздел IV** | **Метод динамического программирования Беллмана** | |
| Тема 4.1 | Уравнение Беллмана для непрерывной системы с минимальным временем управления. Общее уравнение Беллмана для непрерывной системы. | Принцип последовательной оптимизации в задаче оптимального управления. Вывод уравнения Беллмана для непрерывной системы с минимальным временем управления. Вывод общего уравнения Беллмана для непрерывной системы. Доказательство принципа максимума Понтрягина. |

## 3.4.Организация самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента – обязательная часть образовательного процесса, направленная на развитие готовности к профессиональному и личностному самообразованию, на проектирование дальнейшего образовательного маршрута и профессиональной карьеры.

Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине организована как совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ, обеспечивающих успешное освоение дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине выполняется на учебных занятиях под руководством преподавателя и по его заданию*.* Аудиторная самостоятельная работа обучающихся входит в общий объем времени, отведенного учебным планом на аудиторную работу, и регламентируется расписанием учебных занятий.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся – планируемая учебная, научно-исследовательская, практическая работа обучающихся, выполняемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия, расписанием учебных занятий не регламентируется.

Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся включает в себя:

подготовку к лекциям, практическим занятиям, зачетам;

изучение учебных пособий;

изучение тем, не выносимых на лекции и практические занятия самостоятельно;

написание тематических докладов, рефератов на проблемные темы;

изучение теоретического и практического материала по рекомендованным источникам;

подготовка к промежуточной аттестации в течение семестра;

Самостоятельная работа обучающихся с участием преподавателя в форме иной контактной работы предусматривает групповую или индивидуальную работу с обучающимися и включает в себя:

проведение индивидуальных и групповых консультаций по отдельным темам/разделам дисциплины;

проведение консультаций перед экзаменом.

## 3.5.Применение электронного обучения, дистанционных образовательных технологий

При реализации программы учебной дисциплины электронное обучение и дистанционные образовательные технологии не применяются.

# 4.РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ, СИСТЕМА И ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ

## Соотнесение планируемых результатов обучения с уровнями сформированности компетенций.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Уровни сформированности компетенций** | **Итоговое количество баллов**  **в 100-балльной системе**  **по результатам текущей и промежуточной аттестации** | **Оценка в пятибалльной системе**  **по результатам текущей и промежуточной аттестации** | **Показатели уровня сформированности** | | |
| **универсальных**  **компетенции(-й)** | **общепрофессиональной(-ых) компетенций** | **профессиональной(-ых)**  **компетенции(-й)** |
| УК-2  ИД-УК-2.1  ИД-УК-2.2  ИД-УК-2.4 | ОПК-1  ИД-ОПК-1.1  ИД-ОПК-1.2 |  |
| высокий | 85 – 100 | отлично/  зачтено (отлично)/  зачтено | Обучающийся:   * анализирует и систематизирует изученный материал с обоснованием актуальности его использования в своей предметной области; * применяет методы анализа и синтеза практических проблем, способы прогнозирования и оценки событий и явлений, умеет решать практические задачи вне стандартных ситуаций с учетом особенностей деловой и общей культуры различных социальных групп; * демонстрирует системный подход при решении проблемных ситуаций в том числе, при социальном и профессиональном взаимодействии; * показывает четкие системные знания и представления по дисциплине;   дает развернутые, полные и верные ответы на вопросы, в том числе, дополнительные | Обучающийся:   * исчерпывающе и логически стройно излагает учебный материал, умеет связывать теорию с практикой, справляется с решением задач профессиональной направленности высокого уровня сложности, правильно обосновывает принятые решения; * показывает творческие способности в понимании, изложении и практическом использовании методов математического анализа; * дополняет теоретическую информацию сведениями исследовательского характера; * свободно ориентируется в учебной и профессиональной литературе; * дает развернутые, исчерпывающие, профессионально грамотные ответы на вопросы, в том числе, дополнительные. |  |
| повышенный | 65 – 84 | хорошо/  зачтено (хорошо)/  зачтено | Обучающийся:   * обоснованно излагает, анализирует и систематизирует изученный материал, что предполагает комплексный характер анализа проблемы; * выделяет междисциплинарные связи, распознает и выделяет элементы в системе знаний, применяет их к анализу практики; * правильно применяет теоретические положения при решении практических задач профессиональной направленности разного уровня сложности, владеет необходимыми для этого навыками и приёмами; * ответ отражает полное знание материала, с незначительными пробелами, допускает единичные негрубые ошибки. | Обучающийся:   * достаточно подробно, грамотно и по существу излагает изученный материал, приводит и раскрывает в тезисной форме основные понятия; * анализирует и решает поставленные задачи среднего уровня сложности с незначительными пробелами; * допускает единичные негрубые ошибки; * достаточно хорошо ориентируется в учебной и профессиональной литературе; * ответ отражает знание теоретического и практического материала, не допуская существенных неточностей. |  |
| базовый | 41 – 64 | удовлетворительно/  зачтено (удовлетворительно)/  зачтено | Обучающийся:   * испытывает серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами; * с трудом выстраивает социальное профессиональное и межкультурное взаимодействие; * анализирует культурные события окружающей действительности, но не способен выработать стратегию действий для решения проблемных ситуаций;   -ответ отражает в целом сформированные, но содержащие незначительные пробелы знания, допускаются грубые ошибки. | Обучающийся:   * демонстрирует теоретические знания основного учебного материала дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшего освоения ОПОП; * с затруднениями прослеживает логику предмета, опираясь на нечёткие представления; * демонстрирует фрагментарные знания основной учебной литературы по дисциплине; * ответ отражает знания на базовом уровне теоретического и практического материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профилю обучения. |  |
| низкий | 0 – 40 | неудовлетворительно/  не зачтено | Обучающийся:   * демонстрирует фрагментарные знания теоретического и практического материал, допускает грубые ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации; * испытывает серьёзные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приёмами; * не способен проанализировать поставленную задачу и решить её; * выполняет задания только по образцу и под руководством преподавателя; * ответ отражает отсутствие знаний на базовом уровне теоретического и практического материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы. | | |

# ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

* + - 1. При проведении контроля самостоятельной работы обучающихся, текущего контроля и промежуточной аттестации по учебной дисциплине «Методы оптимизации систем управления» проверяется уровень сформированности у обучающихся компетенций и запланированных результатов обучения по дисциплине*,* указанных в разделе 2 настоящей программы.

## Формы текущего контроля успеваемости, примеры типовых заданий:

| № пп | Формы текущего контроля | * + - 1. Примеры типовых заданий |
| --- | --- | --- |
| 1 | Решение задач по теме 1. Метод уравнений состояния. | Сформулировать задачу управления в пространстве состояний по переводу системы из точки в область пространства состояний.  Записать уравнение движения в пространстве состояний тока в цепи с сопротивлением и индуктивностью.  Изобразить фазовую траекторию для незатухающего процесса системы второго порядка.  Записать уравнение движения в пространстве состояний тока в цепи с сопротивлением и индуктивностью.  Изобразить фазовую траекторию для затухающего процесса системы второго порядка. |
|  | Решение задач по теме 2. Классические методы оптимизации. | Разработать критерий и написать функционал качества для задачи оптимизации системы управления второго порядка по критерию максимального быстродействия.  Разработать критерий и написать функционал качества для задачи оптимизации системы управления второго порядка по критерию минимальных затрат энергии.  Доказать оптимальность кусочно-постоянного управления в задаче максимального быстродействия.  Вывести закон управления для задачи максимального быстродействия в терминах переменных состояния.  Изобразить траектории движения системы в пространстве (плоскости) состояний для задачи максимального быстродействия. |
|  | Решение задач по теме 3. Метод оптимизации с ограничениями на управление. Метод максимума Понтрягина. | Вывести уравнение для дополнительной переменной состояния в методе максимума для критерия максимального быстродействия.  Вывести уравнение для дополнительной переменной состояния в методе максимума для критерия минимальных потерь на управление.  Составить гамильтониан системы второго порядка для задачи отработки заданного угла поворота двигателя.  Составить гамильтониан системы второго порядка для системы с двумя управлениями.  Вывести уравнение для дополнительной переменной состояния в методе максимума для критерия минимальных потерь на управление. |
|  | Решение задач по теме 3. Метод динамического программирования Беллмана. | Вывести уравнение для времени управления при произвольном управлении в задаче максимального быстродействия.  Вывести уравнение для времени управления при оптимальном управлении в задаче максимального быстродействия.  Составить функцию Беллмана для задачи максимального быстродействия.  Составить функцию Беллмана для задачи минимального расхода энергии.  Вывести уравнение Беллмана для системы второго порядка и критерия максимального быстродействия. |

## Критерии, шкалы оценивания текущего контроля успеваемости:

| **Наименование оценочного средства (контрольно-оценочного мероприятия)** | **Критерии оценивания** | **Шкалы оценивания** | |
| --- | --- | --- | --- |
| **100-балльная система** | **Пятибалльная система** |
| Решение задач (заданий) | Обучающийся демонстрирует грамотное решение всех задач, использование правильных методов решения при незначительных вычислительных погрешностях (арифметических ошибках); | 13 – 15 баллов | 5 |
| Продемонстрировано использование правильных методов при решении задач при наличии существенных ошибок в 1-2 из них; | 8 – 12 баллов | 4 |
| Обучающийся использует верные методы решения, но правильные ответы в большинстве случаев (в том числе из-за арифметических ошибок) отсутствуют; | 4 – 7 баллов | 3 |
| Обучающимся использованы неверные методы решения, отсутствуют верные ответы. | 0 – 3 баллов | 2 |

## Промежуточная аттестация:

|  |  |
| --- | --- |
| **Форма промежуточной аттестации** | **Типовые контрольные задания и иные материалы**  **для проведения промежуточной аттестации:** |
| Экзамен в устной форме по билетам | **Билет 1:**  Вопрос 1.Общее понятие оптимальности. Критерии оптимизации.  Вопрос 2. Порядок применения принципа максимума Понтрягина.  Вопрос 3. Написать уравнение второго порядка движения материальной точки массой m под действием силы u(t). Ввести в рассмотрение пространство состояний и написать уравнение в каноническом виде.  **Билет 2:**  Вопрос 1. Пространство состояний динамической системы.  Вопрос 2. Порядок решения задач с применением принципа динамического программирования Беллмана  Вопрос 3. Сформулировать задачу минимизации времени управления в системе второго порядка  **Билет 3:**  Вопрос 1. Ограничения классического метода оптимизации  Вопрос 2. Типичные фазовые траектории системы управления второго порядка.  Вопрос 3. Решение задачи оптимизации по быстродействию системы управления второго порядка =u(t) методом максимума Понтрягина.  **Билет 4:**  Вопрос 1. Общее понятие оптимальности. Критерии оптимизации.  Вопрос 2. Порядок решения задач оптимизации методом множителей Лагранжа.  Вопрос 3. Решение задачи оптимизации системы управления второго порядка u=0 за минимальное время управления.  **Билет 5:**  Вопрос 1. Общий метод оптимизации динамических систем с применением уравнения Эйлера-Лагранжа.  Вопрос 2. Фазовая траектория затухающего движения системы второго порядка.  Вопрос 3. Написать уравнение второго порядка движения материальной точки массой m под действием силы u(t). Ввести в рассмотрение пространство состояний и написать уравнение в каноническом виде |

## Критерии, шкалы оценивания промежуточной аттестации учебной дисциплины:

| **Форма промежуточной аттестации** | **Критерии оценивания** | **Шкалы оценивания** | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование оценочного средства** | **100-балльная система** | **Пятибалльная система** | |
|  |  | 4 | 65% - 84% |
|  | 3 | 41% - 64% |
|  | 2 | 40% и менее 40% |
| Экзамен в устной форме по билетам | Обучающийся:   * демонстрирует знания, отличающиеся глубиной и содержательностью, дает полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные; * свободно владеет научными понятиями, ведет диалог и вступает в научную дискуссию; * способен к интеграции знаний по определенной теме, структурированию ответа, к анализу положений существующих теорий, научных школ, направлений по вопросу билета; * логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете; * свободно выполняет практические задания повышенной сложности, предусмотренные программой, демонстрирует системную работу с основной и дополнительной литературой.   Ответ не содержит фактических ошибок и характеризуется глубиной, полнотой, уверенностью суждений, иллюстрируется примерами, в том числе из собственной практики. |  | 5 | |
| Обучающийся:   * показывает достаточное знание учебного материала, но допускает несущественные фактические ошибки, которые способен исправить самостоятельно, благодаря наводящему вопросу; * недостаточно раскрыта проблема по одному из вопросов билета; * недостаточно логично построено изложение вопроса; * успешно выполняет предусмотренные в программе практические задания средней сложности, активно работает с основной литературой, * демонстрирует, в целом, системный подход к решению практических задач, к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.   В ответе раскрыто, в основном, содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы. |  | 4 | |
| Обучающийся:   * показывает знания фрагментарного характера, которые отличаются поверхностностью и малой содержательностью, допускает фактические грубые ошибки; * не может обосновать закономерности и принципы, объяснить факты, нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность представляемого материала, представления о межпредметных связях слабые; * справляется с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой, допускает погрешности и ошибки при теоретических ответах и в ходе практической работы.   Содержание билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные и дополнительные вопросы билета, ответ носит репродуктивный характер. Неуверенно, с большими затруднениями решает практические задачи или не справляется с ними самостоятельно. |  | 3 | |
| Обучающийся, обнаруживает существенные пробелы в знаниях основного учебного материала, допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.  На большую часть дополнительных вопросов по содержанию экзамена затрудняется дать ответ или не дает верных ответов. |  | 2 | |

## Примерные темы курсовой работы/курсового проекта: не применимо.

## Критерии, шкалы оценивания курсовой работы/курсового проекта: не применимо.

## Система оценивания результатов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Форма контроля** | **100-балльная система** | **Пятибалльная система** |
| Текущий контроль: |  |  |
| - опрос | 0 - 5 баллов | 2 – 5 или зачтено/не зачтено |
| - контрольная работа | 0 - 20 баллов | 2 – 5 или зачтено/не зачтено |
| Промежуточная аттестация:  по результатам контрольных работ, домашних заданий, устных опросов | 0 - 30 баллов | отлично  хорошо  удовлетворительно  неудовлетворительно  зачтено  не зачтено |
| **Итого за семестр**  Экзамен | 0 - 100 баллов |

* + - 1. Полученный совокупный результат конвертируется в пятибалльную систему оценок в соответствии с таблицей:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **100-балльная система** | **пятибалльная система** | |
| **зачет с оценкой/экзамен** | **зачет** |
| 85 – 100 баллов | отлично  зачтено (отлично) | зачтено |
| 65 – 84 баллов | хорошо  зачтено (хорошо) |
| 41 – 64 баллов | удовлетворительно  зачтено (удовлетворительно) |
| 0 – 40 баллов | неудовлетворительно | не зачтено |

# ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

* + - 1. Реализация программы предусматривает использование в процессе обучения следующих образовательных технологий:
    - проблемная лекция;
    - поиск и обработка информации с использованием сети Интернет;
    - использование на лекционных занятиях наглядных пособий;

# ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

* + - 1. Практическая подготовка в рамках учебной дисциплины реализуется при проведении практических занятий, предусматривающих участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.
      2. Проводятся отдельные занятия лекционного типа, которые предусматривают передачу учебной информации обучающимся, которая необходима для последующего выполнения практической работы.

# ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

* + - 1. При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидовиспользуются подходы, способствующие созданию безбарьерной образовательной среды: технологии дифференциации и индивидуального обучения, применение соответствующих методик по работе с инвалидами, использование средств дистанционного общения, проведение дополнительных индивидуальных консультаций по изучаемым теоретическим вопросам и практическим занятиям, оказание помощи при подготовке к промежуточной аттестации.
      2. При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса лицам с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения.
      3. Учебные и контрольно-измерительные материалы представляются в формах, доступных для изучения студентами с особыми образовательными потребностями с учетом нозологических групп инвалидов:
      4. Для подготовки к ответу на практическом занятии, студентам с ограниченными возможностями здоровья среднее время увеличивается по сравнению со средним временем подготовки обычного студента.
      5. Для студентов с инвалидностью или с ограниченными возможностями здоровья форма проведения текущей и промежуточной аттестации устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п.).
      6. Промежуточная аттестация по дисциплине может проводиться в несколько этапов в форме рубежного контроля по завершению изучения отдельных тем дисциплины. При необходимости студенту предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене.
      7. Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся создаются, при необходимости, фонды оценочных средств, адаптированные для лиц с ограниченными возможностями здоровья и позволяющие оценить достижение ими запланированных в основной образовательной программе результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций, заявленных в образовательной программе.

# МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

* + - 1. Материально-техническое обеспечение дисциплины при обучении с использованием традиционных технологий обучения.

| **Наименование учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортзалов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.** | **Оснащенность учебных аудиторий, лабораторий, мастерских, библиотек, спортивных залов, помещений для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования и т.п.** |
| --- | --- |
| ***119071, г. Москва, Малый Калужский переулок, дом 2, строение 6*** | |
| 119071, г. Москва, ул. Малая Калужская, д.1. Аудитория №1518:- компьютерный класс для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;  - помещение для самостоятельной работы, в том числе, научно- исследовательской, подготовки курсовых и выпускных квалификационных работ (в свободное от учебных занятии и профилактических работ время). | * Комплект учебной мебели, доска меловая, 8 персональных компьютеров с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронным библиотекам и в электронную информационно-образовательную среду организации |
| 119071, г. Москва, ул. Малая Калужская, д.1. Аудитория №1518:- компьютерный класс для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;  - помещение для самостоятельной работы, в том числе, научно- исследовательской, подготовки курсовых и выпускных квалификационных работ (в свободное от учебных занятии и профилактических работ время). | Комплект учебной мебели, доска меловая, технические  средства  обучения, служащие для представления учебной информации:  экран на треноге, проектор, 7 персональных компьютеров с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронным библиотекам и в электронную информационно-образовательную среду организации |
| **Помещения для самостоятельной работы обучающихся** | **Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся** |
| читальный зал библиотеки: | * компьютерная техника; подключение к сети «Интернет» |

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ/УЧЕБНОГО МОДУЛЯ

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | | **Автор(ы)** | **Наименование издания** | **Вид издания (учебник, УП, МП и др.)** | **Издательство** | | **Год**  **издания** | **Адрес сайта ЭБС**  **или электронного ресурса *(заполняется для изданий в электронном виде)*** | | **Количество экземпляров в библиотеке Университета** |
| 1 | | 2 | 3 | 4 | 5 | | 6 | 7 | | 8 |
| **10.1 Основная литература, в том числе электронные издания** | | | | | | | |  | |  |
| *1* | [*Канатников А.Н.*](http://znanium.com/catalog/author/06e407c8-f77e-11e3-9766-90b11c31de4c) | | *Методы оптимизации* | *учебное пособие* | *НИЦ Инфра-М.* | | *2013* | [*http://znanium.com/*](http://znanium.com/) | |  |
| *2* | | *Петрова А.М..* | *Автоматическое управление* | *учебное пособие* | *Форум М.* | | *2010* | [*http://znanium.com/*](http://znanium.com/) | |  |
| *5.* | | *Солодов А. А.* | *Методы оптимизации систем автоматического управления (электронное учебное пособие)* | *учебное пособие* | *РГУ им АН Косыгина* | | *2020* | [*http://biblio.mgudt.ru*](http://biblio.mgudt.ru/) | |  |
| **10.2 Дополнительная литература, в том числе электронные издания** | | | | | | | |  | |  |
| *1* | | *Семенихина О.Н* | *Методы оптимальных решений:* | *учебник* | | *НИЦ ИНФРА-М.* | *2016* | [**http://znanium.com/**](http://znanium.com/) | |  |
| **9.3 Методические материалы (указания, рекомендации по освоению дисциплины (модуля) авторов РГУ им. А. Н. Косыгина)** | | | | | | | | | | |
|  | |  |  |  | |  |  |  |  | |
|  | |  |  |  | |  |  |  |  | |
|  | |  |  |  | |  |  |  |  | |
| *..* | |  |  |  | |  |  |  |  | |

# ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

## Ресурсы электронной библиотеки, информационно-справочные системы и профессиональные базы данных:

|  |  |
| --- | --- |
| **№ пп** | **Электронные учебные издания, электронные образовательные ресурсы** |
|  | ЭБС «Лань» <http://www.e.lanbook.com/> |
|  | «Znanium.com» научно-издательского центра «Инфра-М»  <http://znanium.com/> |
|  | Электронные издания «РГУ им. А.Н. Косыгина» на платформе ЭБС «Znanium.com» <http://znanium.com/> |
|  | **Профессиональные базы данных, информационные справочные системы** |
|  | https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/ – GenBank: база данных ДНК. |
|  | https://www.uniprot.org/ – SwissProt: база данных белковых последовательностей. |
|  | https://www.ensembl.org/index.html – Ensembl: геномная база данных. |

## Перечень программного обеспечения

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№п/п** | **Программное обеспечение** | **Реквизиты подтверждающего документа/ Свободно распространяемое** |
|  | Windows 10 Pro, MS Office 2019 | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | PrototypingSketchUp: 3D modeling for everyone | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |
|  | V-Ray для 3Ds Max | контракт № 18-ЭА-44-19 от 20.05.2019 |

### ЛИСТ УЧЕТА ОБНОВЛЕНИЙ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ/МОДУЛЯ

В рабочую программу учебной дисциплины/модуля внесены изменения/обновления и утверждены на заседании кафедры:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **№ пп** | **год обновления РПД** | **характер изменений/обновлений**  **с указанием раздела** | **номер протокола и дата заседания**  **кафедры** |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |