

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра вычислительной и экспериментальной механики**

Авторы-составители: **Лутманов Сергей Викторович**

Рабочая программа дисциплины

**ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ЛИНЕЙНЫМИ ДИНАМИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

Код УМК 62263

Утверждено  
Протокол №6  
от «16» июня 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Задачи оптимизации линейными динамическими системами

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в вариативную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **01.03.03** Механика и математическое моделирование  
направленность Программа широкого профиля

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Задачи оптимизации линейными динамическими системами** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**01.03.03** Механика и математическое моделирование (направленность : Программа широкого профиля)

**ПК.3** способность строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата

**ПК.5** способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач

#### 4. Объем и содержание дисциплины

|   |  |
|---|--|
| <b>Направления подготовки</b>   | 01.03.03 Механика и математическое моделирование<br>(направленность: Программа широкого профиля) |
| <b>форма обучения</b>   | очная  |
| <b>№№ триместров,<br/>выделенных для изучения<br/>дисциплины</b>          | 10   |
| <b>Объем дисциплины (з.е.)</b>  | 3  |
| <b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>   | 108  |
| <b>Контактная работа с<br/>преподавателем (ак.час.),<br/>в том числе:</b> | 42   |
| <b>Проведение лекционных<br/>занятий</b>                                  | 28   |
| <b>Проведение практических<br/>занятий, семинаров</b>                     | 14   |
| <b>Самостоятельная работа<br/>(ак.час.)</b>                               | 66   |
| <b>Формы текущего контроля</b>  | Защищаемое контрольное мероприятие (5)   |
| <b>Формы промежуточной<br/>аттестации</b>                                 | Зачет (10 триместр)  |

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Первый семестр

#### **ЛИНЕЙНЫЕ УПРАВЛЯЕМЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ**

Векторно-матричная запись дифференциальных уравнений движения. Примеры линейных управляемых динамических объектов

Линеаризация дифференциальных уравнений движения управляемых динамических объектов. Системы однородных линейных дифференциальных уравнений. Фундаментальная матрица Коши. Формула Коши. Область достижимости линейного управляемого динамического объекта.

#### **1. ПРИМЕРЫ ЛИНЕЙНЫХ УПРАВЛЯЕМЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Приводятся примеры линейных управляемых динамических объектов: полет ракеты, вращение вала, с насаженными на него дисками, плоский манипулятор с двумя вращательными парами

#### **2. ОБЛАСТЬ ДОСТИЖИМОСТИ ЛИНЕЙНОГО УПРАВЛЯЕМОГО ДИНАМИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА**

Вводится понятие области достижимости управляемого динамического объекта. На базе фундаментальной матрицы Коши доказывается формула Коши, устанавливающую связь между программным управлением объектом и порожденным им движением

#### **Индивидуальное задание 1 «ПОСТРОЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МАТРИЦЫ КОШИ. ПРОВЕРКА ФОРМУЛЫ КОШИ»**

#### **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ТЕРМИНАЛЬНОМУ КРИТЕРИЮ КАЧЕСТВА**

Случай закрепленного левого конца и свободного правого конца траектории. Случай подвижного левого и свободного правого конца траектории. Задача наведения на целевое множество. Функция гипотетического расстояния. Вычисление гипотетического рассогласования. Условия оптимальности программной стратегии. Необходимые условия оптимальности и принцип максимума. Алгоритм решения задачи управления. Случай подвижного левого конца траектории.

#### **1. СЛУЧАЙ ЗАКРЕПЛЕННОГО ЛЕВОГО КОНЦА И СВОБОДНОГО ПРАВОГО КОНЦА ТРАЕКТОРИИ**

Приводится алгоритм решения задачи оптимального управления для закрепленного левого конца и свободного правого конца траектории

#### **2. СЛУЧАЙ ПОДВИЖНОГО ЛЕВОГО И СВОБОДНОГО ПРАВОГО КОНЦА ТРАЕКТОРИИ**

Приводится алгоритм решения задачи оптимального управления в случае подвижного левого и свободного правого конца траектории

#### **3. ЗАДАЧА НАВЕДЕНИЯ НА ЦЕЛЕВОЕ МНОЖЕСТВО**

Рассматривается задача наведения на целевое множество. Рассмотрены случаи, когда размерность целевого множества совпадает с размерностью всего пространства и когда строго меньше.

#### **Индивидуальное задание 2 «НАВЕДЕНИЕ НА ЦЕЛЕВОЕ МНОЖЕСТВО. СЛУЧАЙ ПОДВИЖНОГО ЛЕВОГО КОНЦА ТРАЕКТОРИИ»**

#### **ЛИНЕЙНОЕ ОПТИМАЛЬНОЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЕ**

Постановка задачи линейного предельного быстродействия и существование ее решения. Необходимые условия оптимальности в задаче линейного предельного быстродействия. Алгоритм решения задачи линейного предельного быстродействия. Задача линейного предельного

быстродействия с ограничениями на вектор управляющих параметров в форме выпуклого многогранника.

Теорема о числе переключений.

### **1. НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ ОПТИМАЛЬНОСТИ В ЗАДАЧЕ ЛИНЕЙНОГО ПРЕДЕЛЬНОГО БЫСТРОДЕЙСТВИЯ**

Формулируются и доказываются необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах линейного быстродействия. Приводится алгоритм построения оптимального управления.

### **2. ЗАДАЧА ЛИНЕЙНОГО ПРЕДЕЛЬНОГО БЫСТРОДЕЙСТВИЯ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА ВЕКТОР УПРАВЛЯЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ В ФОРМЕ ВЫПУКЛОГО МНОГОГРАННИКА.**

Рассмотрен случай предельного быстродействия в случае ограничений на вектор управляющих параметров в форме выпуклого многогранника, формулируется понятие "общность положения", доказана теорема о числе переключений

#### **Индивидуальное задание 3 «ЛИНЕЙНОЕ ОПТИМАЛЬНОЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЕ»**

#### **ЛИНЕЙНАЯ ЗАДАЧА ТЕОРИИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА МОМЕНТОВ**

Сведение задачи теории оптимального управления к функциональной проблеме моментов. Необходимые и достаточные условия разрешимости функциональной проблемы моментов. Управляемость линейной динамической системы. Управление по критерию «минимум энергии» . Управление по критерию «минимум силы»

#### **1. НЕОБХОДИМЫЕ И ДОСТАТОЧНЫЕ УСЛОВИЯ РАЗРЕШИМОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПРОБЛЕМЫ МОМЕНТОВ**

Производится сведение задачи теории оптимального управления к функциональной проблеме моментов. Формулируются и доказываются необходимые и достаточные условия ее разрешимости

#### **2. УПРАВЛЕНИЕ ПО КРИТЕРИЮ «МИНИМУМ ЭНЕРГИИ»**

Приводится алгоритм построения оптимального по критерию "минимум энергии" программного управления. Рассмотрены примеры.

#### **3. УПРАВЛЕНИЕ ПО КРИТЕРИЮ «МИНИМУМ СИЛЫ»**

Приводится алгоритм построения оптимального по критерию "минимум силы" программного управления. Рассмотрены примеры.

#### **Индивидуальное задание 4 « УПРАВЛЕНИЕ ПО КРИТЕРИЮ «МИНИМУМ ЭНЕРГИИ»**

#### **Индивидуальное задание 5 « УПРАВЛЕНИЕ ПО КРИТЕРИЮ «МИНИМУМ СИЛЫ»**

**ЗАЧЕТ**

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

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

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Васильев Ф. П., Ишмухаметов А. З., Потапов М. М. Обобщенный метод моментов в задачах оптимального управления: нелитературный текст / Ф. П. Васильев, А. З. Ишмухаметов, М. М. Потапов. - Москва: Издательство МГУ, 1989, ISBN 5-211-00339-X. - 143.
2. Оптимальное управление движением: учебное пособие для студентов и аспирантов вузов, обучающихся по группе направлений и специальностей механики / В. В. Александров [и др.]. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005, ISBN 5-9221-0401-2. - 376. - Библиогр.: с. 368-374
3. Лутманов С. В. Курс лекций по методам оптимизации / С. В. Лутманов. - Ижевск: Издательство РХД, 2001, ISBN 5-93972-061-7. - 368. - Библиогр.: с. 361 - 363

### Дополнительная:

1. Лутманов С. В. Вариационное исчисление и теория оптимального управления в примерах и упражнениях: учебное пособие для студентов, обучающихся по группе математических и механических специальностей / С. В. Лутманов. - Пермь, 2010, ISBN 978-5-7944-1279-6. - 200. - Библиогр.: с. 198-199
2. Красовский Н. Н. Теория управления движением. Линейные системы / Н. Н. Красовский. - Москва: Наука, 1968. - 475. - Библиогр.: с. 441-472. - Предм. указ.: с. 473-475



## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu>      Электронные ресурсы для ПГНИУ  
<http://window.edu.ru/>      Единое окно доступа к образовательным ресурсам

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Задачи оптимизации линейными динамическими системами** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Необходимое лицензионное и (или) свободно распространяемое программное обеспечение:

- приложение позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов «Adobe Acrobat Reader DC»;
- офисный пакет приложений «LibreOffice»;

Специализированное программное обеспечение не требуется.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ ([student.psu.ru](http://student.psu.ru)).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций - аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля - аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.  
Самостоятельная работа студентов: аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, помещения Научной библиотеки ПГНИУ.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Задачи оптимизации линейными динамическими системами**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции и  
критерии их оценивания**

| Компетенция  | Планируемые результаты обучения  | Критерии оценивания результатов обучения  |
|--|--|---|
| <p><b>ПК.5</b><br/>способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач</p> | <p>В результате обучения студент должен знать основы теории оптимизации линейными динамическими системами, уметь решать конкретные задачи, владеть навыками оптимизации линейными динамическими системами.</p> | <p align="center"><b>Неудовлетворител</b><br/>Не знает основных формул для выполнения индивидуального задания. Задание выполнено не в полном объеме</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b><br/>Знает основные формулы для выполнения индивидуального задания. Задание выполнено в полном объеме.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b><br/>Знает основные формулы для выполнения индивидуального задания. Задание выполнено в полном объеме. Умеет обосновывать выкладки при выводе рабочих формул.</p> <p align="center"><b>Отлично</b><br/>Знает основные формулы для выполнения индивидуального задания. Задание выполнено в полном объеме. Умеет обосновывать выкладки при выводе рабочих формул. Владеет материалом из граничных разделов</p> |
| <p><b>ПК.3</b><br/>способность строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата</p>                   | <p>В результате обучения студент должен уметь строго доказывать теоретическое утверждение, уметь проводить анализ полученного результата.</p>  | <p align="center"><b>Неудовлетворител</b><br/>Студент не умеет доказывать теоретическое утверждение, не умеет решать предложенную задачу и не владеет навыками анализа полученного результата.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b><br/>Студент умеет доказывать теоретическое утверждение, умеет решать предложенную задачу с неточностями.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b><br/>Студент умеет доказывать теоретическое</p>  |

| <b>Компетенция</b> | <b>Планируемые результаты обучения</b> | <b>Критерии оценивания результатов обучения</b>  |
|--------------------|--|--|
|                    |  | <p data-bbox="1149 254 1268 285" style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p data-bbox="906 291 1510 394">утверждение, решает предложенную задачу и с затруднением анализирует полученный результат.</p> <p data-bbox="1143 438 1274 470" style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p data-bbox="906 476 1487 617">Студент умеет строго доказывать теоретическое утверждение, умеет решать предложенную задачу и владеет навыками анализа полученного результата.</p> |

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : СУОС

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 45 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 45 балла

| Компетенция  | Мероприятие текущего контроля  | Контролируемые элементы результатов обучения                                      |
|--|--|---|
| <b>ПК.3</b><br>способность строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата<br><b>ПК.5</b><br>способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач | Индивидуальное задание 1<br>«ПОСТРОЕНИЕ<br>ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ<br>МАТРИЦЫ КОШИ.<br>ПРОВЕРКА ФОРМУЛЫ<br>КОШИ»<br><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>            | Знание теории и умение решать задачи по теме Управляемые динамические объекты.    |
| <b>ПК.3</b><br>способность строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата<br><b>ПК.5</b><br>способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач | Индивидуальное задание 2<br>«НАВЕДЕНИЕ НА<br>ЦЕЛЕВОЕ МНОЖЕСТВО.<br>СЛУЧАЙ ПОДВИЖНОГО<br>ЛЕВОГО КОНЦА<br>ТРАЕКТОРИИ»<br><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b> | Проверка знаний по теме Оптимальное управление по терминальному критерию качества |

| Компетенция   | Мероприятие текущего контроля   | Контролируемые элементы результатов обучения   |
|---|---|--|
| <p><b>ПК.3</b><br/>способность строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата</p> <p><b>ПК.5</b><br/>способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач</p> | <p>Индивидуальное задание 3<br/>«ЛИНЕЙНОЕ ОПТИМАЛЬНОЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЕ»<br/><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>     | <p>Знание теории и умение решать задачи по теме оптимальное быстродействие.</p>              |
| <p><b>ПК.3</b><br/>способность строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата</p> <p><b>ПК.5</b><br/>способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач</p> | <p>Индивидуальное задание 4<br/>«УПРАВЛЕНИЕ ПО КРИТЕРИЮ «МИНИМУМ ЭНЕРГИИ»<br/><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p> | <p>Знание теории и умение решать задачи по теме Управление по критерию "Минимум энергии"</p> |
| <p><b>ПК.3</b><br/>способность строго доказать утверждение, сформулировать результат, увидеть следствия полученного результата</p> <p><b>ПК.5</b><br/>способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач</p> | <p>Индивидуальное задание 5<br/>«УПРАВЛЕНИЕ ПО КРИТЕРИЮ «МИНИМУМ СИЛЫ»<br/><b>Защищаемое контрольное мероприятие</b></p>    | <p>Знание теории и умение решать задачи по теме Управление по критерию "Минимум силы"</p>    |

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### **Индивидуальное задание 1 «ПОСТРОЕНИЕ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ МАТРИЦЫ КОШИ. ПРОВЕРКА ФОРМУЛЫ КОШИ»**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

| Показатели оценивания   | Баллы |
|---|-------|
| Владеет методикой доказательства формулы Коши.                                    | 4     |
| Знает алгоритма построения фундаментальной матрицы Коши.                          | 4     |
| Умеет привлекать пакет «Mathematica» для построения фундаментальной матрицы Коши. | 4     |
| Умеет пользоваться формулой Коши.   | 4     |
| Знает основные свойства фундаментальной матрицы Коши.                             | 4     |

### **Индивидуальное задание 2 «НАВЕДЕНИЕ НА ЦЕЛЕВОЕ МНОЖЕСТВО. СЛУЧАЙ ПОДВИЖНОГО ЛЕВОГО КОНЦА ТРАЕКТОРИИ»**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

| Показатели оценивания  | Баллы |
|--|-------|
| Умеет привлекать пакет «Mathematica» для решения задачи наведения на целевое множество.        | 4     |
| Знает понятие области достижимости управляемого объекта.                                       | 4     |
| Владеет методикой определения оптимального начального положения объекта.                       | 4     |
| Умеет решать задачу наведения на целевое множество.  | 4     |
| Знает алгоритм проверки достаточных условий оптимальности полученного программного управления. | 4     |

### **Индивидуальное задание 3 «ЛИНЕЙНОЕ ОПТИМАЛЬНОЕ БЫСТРОДЕЙСТВИЕ»**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

| Показатели оценивания   | Баллы |
|---|-------|
| Владеет методикой проверки полученного решения на достаточность.                          | 4     |
| Знает алгоритм решения задачи управления на быстродействия                                | 4     |
| Умеет привлекать пакет «Mathematica» для решения задачи оптимального быстродействия.      | 4     |
| Умеет исследовать исходные данные на предмет существования решения задачи быстродействия. | 4     |
| Знает теорему о числе переключений  | 4     |

### **Индивидуальное задание 4 «УПРАВЛЕНИЕ ПО КРИТЕРИЮ «МИНИМУМ ЭНЕРГИИ»**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

| Показатели оценивания | Баллы |
|-----------------------|-------|
|-----------------------|-------|

|  |   |
|--|---|
| Владеет методикой применения принципа максимина Н. Н. Красовского для определения оптимального управления в задаче управления по минимуму энергии. | 4 |
| Знает алгоритм решения задачи управления по минимуму энергии.  | 4 |
| Умеет свести задачу управления по минимуму энергии к функциональной проблеме моментов.   | 4 |
| Умеет привлекать пакет «Mathematica» для решения задачи управления по минимуму энергии.  | 4 |
| Знает необходимые и достаточные условия разрешимости функциональной проблемы моментов.   | 4 |

### **Индивидуальное задание 5 « УПРАВЛЕНИЕ ПО КРИТЕРИЮ «МИНИМУМ СИЛЫ»**

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **9**

| <b>Показатели оценивания</b>  | <b>Баллы</b> |
|---|--------------|
| Владеет методикой применения принципа максимина Н. Н. Красовского для определения оптимального управления в задаче управления по минимуму силы. | 4            |
| Знает алгоритм решения задачи управления по минимуму силы.  | 4            |
| Умеет свести задачу управления по минимуму силы к функциональной проблеме моментов.   | 4            |
| Умеет привлекать пакет «Mathematica» для решения задачи управления по минимуму силы.  | 4            |
| Знает необходимые и достаточные условия разрешимости функциональной проблемы моментов.  | 4            |