

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра вычислительной и экспериментальной механики**

**Авторы-составители: Стрелкова Нина Александровна  
Остапенко Елена Николаевна**

Рабочая программа дисциплины

**АСИМПТОТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Код УМК 69595

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

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Асимптотические методы оптимального управления

## **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 **Асимптотические методы оптимального управления** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

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

**ПК.2** способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики и механики

**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 (направленность: Программа широкого профиля)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	11
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Защищаемое контрольное мероприятие (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (1)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (11 триместр)

## **5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины**

### **Асимптотические методы оптимального управления. Первый семестр**

#### **Введение в дисциплину**

#### **Раздел 1. Метод малого параметра в задачах оптимального управления**

##### **Слабо управляемые системы**

Постановка задачи оптимального управления с малым параметром. Необходимые условия принципа максимума Л.С. Понтрягина. Слабо управляемые системы. Вывод уравнений движения и приближенное решение задачи. Описание алгоритма решения. Оценка сходимости и обобщения метода малого параметра.

##### **Задача о полете на максимальную дальность**

Постановка задачи о полете на максимальную дальность, построение приближенного решения. Анализ решения задачи о полете на максимальную дальность. Сравнение с численным решением.

##### **Метод малого параметра в вариационных задачах**

Метод возмущений в классической вариационной задаче. Необходимые условия принципа максимума Л.С. Понтрягина. Построение оптимального решения в первом приближении.

##### **Коллоквиум**

Слабо управляемые системы. Метод малого параметра в задачах оптимального управления. Задача о полете на максимальную дальность. Метод малого параметра в вариационных задачах.

#### **Раздел 2. Метод усреднения в нелинейных задачах оптимального управления**

##### **Управляемые квазилинейные колебательные системы**

Асимптотический метод усреднения в задачах нелинейной механики. Метод Ван-дер-Поля. Обобщения метода Ван-дер-Поля. Управляемые квазилинейные колебательные системы. Приведение к стандартному виду. Примеры управляемых квазилинейных систем.

##### **Метод усреднения в квазилинейных задачах оптимального управления с фиксированным временем**

Постановка задачи оптимального управления в задачах с фиксированным временем окончания процесса. Необходимые условия принципа максимума. Каноническая замена переменных. Построение приближенного решения.

##### **Метод усреднения в квазилинейных задачах оптимального управления с нефиксированным временем**

Задачи типа оптимального быстрогодействия. Постановка задачи оптимального управления с нефиксированным временем окончания процесса. Необходимые условия принципа максимума. Построение канонической усредненной системы и краевая задача первого приближения. Определение времени окончания процесса. Построение высших приближений.

##### **Управляемые вращения динамически симметричного твердого тела**

Применение метода усреднения к задачам оптимального управления вращательным движением динамически симметричного твердого тела.

**Метод усреднения в нелинейных задачах оптимального управления с фиксированным временем. Асимптотическое решение нелинейных задач типа оптимального быстрогодействия**  
Постановка нелинейной задачи оптимального управления с закрепленным временем и краевая задача

принципа максимума. Вывод стандартной системы с вращающейся фазой. Усредненная краевая задача первого приближения. Алгоритм построения приближенного решения нелинейной задачи оптимального управления.

## **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. Черноусько Ф. Л., Ананьевский И. М., Решмин С. А. Методы управления нелинейными механическими системами/Ф. Л. Черноусько, И. М. Ананьевский, С. А. Решмин.- М.:ФИЗМАТЛИТ,2006, ISBN 5-9221-0678-3.-328.-Библиогр.: с. 320-326
2. Асимптотические методы оптимального управления:учебно-методическое пособие по направлениям подготовки бакалавриата 010800 "Механика и математическое моделирование", 011000 "Механика. Прикладная математика"/Министерство образования и науки Российской Федерации, Пермский государственный университет.-Пермь,2011.-77.-Библиогр.: с. 76
3. Асимптотические методы в механике твердого тела / С. М. Бауэр, А. Л. Смирнов, П. Е. Товстик, С. Б. Филиппов. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 356 с. — ISBN 978-5-4344-0609-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/91912>

### Дополнительная:

1. Черноусько Ф. Л., Акуленко Л. Д., Соколов Б. Н. Управление колебаниями/Ф. Л. Черноусько, Л. Д. Акуленко, Б. Н. Соколов.-М.:Наука,1980.-384.-Библиогр.: с. 369-383
2. Акуленко Л. Д. Асимптотические методы оптимального управления/Л. Д. Акуленко ; рец. В. В. Белецкий.-Москва:Наука,1987.-368.-Библиогр.: с. 356-365

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

<http://www.psu.ru/elektronnye-resursy-dlya-psu> Электронные ресурсы для ПГНИУ

<http://www.mathnet.ru/> Общероссийский математический портал

<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 **Асимптотические методы оптимального управления** 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  
Асимптотические методы оптимального управления**

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

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.2</b> способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики и механики</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> постановки, основные понятия, утверждения теории оптимального управления; <b>УМЕТЬ:</b> математически корректно ставить естественнонаучные задачи оптимального управления, применять асимптотические методы в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания; <b>ВЛАДЕТЬ:</b> основным понятийным аппаратом теории и асимптотическими методами решения задач оптимального управления, навыками теоретического анализа полученных результатов.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные понятия и утверждения теории оптимального управления. Демонстрирует отсутствие навыков решения задач оптимального управления при помощи асимптотических методов.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основных понятий и утверждений теории оптимального управления. Демонстрирует частично сформированное умение решать с использованием асимптотических методов задачи оптимального управления в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов исследования задач оптимизации.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие некоторые пробелы знания основных понятий и утверждений теории оптимального управления. В целом успешные, но содержащие некоторые пробелы умения решать с использованием асимптотических методов задачи оптимального управления в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов исследования задач оптимизации. Умеет самостоятельно приобретать новые знания. Владеет основным понятийным аппаратом теории и асимптотическими методами решения задач оптимального управления.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания постановок, основных понятий и утверждений теории оптимального управления. Сформированное умение решать</p>

Компетенция	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>с использованием асимптотических методов задачи оптимального управления в стандартных постановках, давать содержательную интерпретацию результатов исследования задач оптимизации, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания.</p>
<p><b>ПК.5</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> основные понятия и утверждения теории оптимального управления; <b>УМЕТЬ:</b> применять асимптотические методы оптимального управления для решения теоретических и прикладных задач, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания; <b>ВЛАДЕТЬ:</b> основным понятийным аппаратом теории и асимптотическими методами решения задач оптимального управления, навыками теоретического анализа полученных результатов.</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные понятия асимптотических методов оптимального управления. Не умеет применять асимптотические методы для построения приближенного решения задач оптимального управления.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основных понятий асимптотических методов оптимального управления. Демонстрирует частично сформированное умение применять асимптотические методы оптимального управления для решения теоретических и прикладных задач, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие некоторые пробелы знания основных понятий асимптотических методов оптимального управления. В целом успешные, но содержащие некоторые пробелы умения применять асимптотические методы оптимального управления для решения теоретических и прикладных задач, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений. Умеет контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания.</p> <p style="text-align: center;"><b>Отлично</b></p> <p>Сформированные систематические знания основных понятий асимптотических методов оптимального управления. Сформированное умение применять асимптотические методы оптимального управления для решения теоретических и прикладных задач, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность</p>

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<b>Отлично</b> вычислений, самостоятельно приобретать новые знания.

## 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 43 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 43 балла

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Введение в дисциплину <b>Входное тестирование</b>	Проверка знаний базовых понятий и методов, необходимых для изучения курса «Асимптотические методы оптимального управления».
<b>ПК.2</b> способность математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики и механики	Коллоквиум <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знать постановку задач оптимального управления с малым параметром. Уметь применять метод малого параметра для построения приближенного решения в конкретных задачах оптимального управления слабо управляемыми системами. Владеть навыками проведения эффективных исследований с использованием изученных методов малого параметра.
<b>ПК.5</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	Расчетная работа <b>Защищаемое контрольное мероприятие</b>	Знать асимптотические методы малого параметра и усреднения решения задач оптимального управления. Уметь применять основные формулы и изученные методы для построения решения конкретных задач оптимального управления.

Компетенция	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>ПК.5</b> способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	Итоговый контроль <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Знать постановку квазилинейных и нелинейных задач оптимального управления. Уметь применять асимптотические методы усреднения для решения теоретических и прикладных задач оптимального управления, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений. Владеть основным понятийным аппаратом теории, навыками теоретического анализа полученных результатов.

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Введение в дисциплину

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Входной контроль	10

#### Коллоквиум

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **39**

Проходной балл: **16**

Показатели оценивания	Баллы
Знает постановку задачи оптимального управления с малым параметром. Умеет применять принцип максимума Л.С. Понтрягина и метод малого параметра для решения задач оптимального управления слабо управляемыми системами. Знает алгоритм построения приближенного решения слабо управляемой системой с помощью метода малого параметра. Знает обобщения, особенности применения и оценку точности метода малого параметра в задачах оптимального управления. 16 баллов: Ответ на вопрос в билете исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы. 12 баллов: Основной материал изложен, однако при проведении математических преобразований допущены описки, неточности.	16

<p>8 баллов: Ответ не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований.</p> <p>4 балла: Ответ изложен частично, изложение теоретического материала не завершено, допущены ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок.</p> <p>0 баллов: Ответ на вопрос отсутствует или допущены грубые математические ошибки при изложении теоретического материала.</p>	
<p>Знает постановку задачи о полете на максимальную дальность. Умеет применять метод малого параметра для построения приближенного решения задачи о полете на максимальную дальность. Умеет проводить анализ решения задачи о полете на максимальную дальность. Знает особенности использования метода малого параметра в вариационных задачах.</p> <p>16 баллов: Ответ на вопрос в билете исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы.</p> <p>12 баллов: Основной материал изложен, однако при проведении математических преобразований допущены описки, неточности.</p> <p>8 баллов: Ответ не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований.</p> <p>4 балла: Ответ изложен частично, изложение теоретического материала не завершено, допущены ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок.</p> <p>0 баллов: Ответ на вопрос отсутствует или допущены грубые математические ошибки при изложении теоретического материала.</p>	16
<p>Тест «Метод малого параметра в задачах оптимального управления».</p> <p>Количество верных ответов соответствует начисляемому количеству баллов.</p>	7

### Расчетная работа

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **21**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
<p>Знает методы усреднения решения задач оптимального управления и умеет применять их для построения приближенного решения одночастотных квазилинейных задач оптимального управления.</p> <p>Показатели оценивания для каждого из четырех индивидуальных заданий.</p>	12

<p>3 балла: Квазилинейная система приведена к стандартному виду. Из условия максимума функции Понтрягина найдено оптимальное управление. Выписана краевая задача принципа максимума. Проведено усреднение по фазе правых частей дифференциальных уравнений. Найдено решение краевой задачи для усредненных медленных переменных и вычислена усредненная фаза колебаний. Определено оптимальное управление в форме синтеза, вычислено минимальное значение функционала, получены верные ответы. Для задач с нефиксированным временем верно найдено время окончания процесса.</p> <p>2 балла: Приведена верная последовательность всех этапов построения приближенного решения. Допущены описка и/или вычислительная ошибка, не влияющие на дальнейший ход решения. В результате этой описки или ошибки может быть получен неверный ответ.</p> <p>1 балл: Решение не закончено или допущены ошибки при построении и решении усредненной системы, выписывании условия трансверсальности, определении оптимального управления.</p> <p>0 баллов: Задание не выполнено или представленные результаты не содержат ни одного верно рассмотренного этапа построения приближенного решения поставленной квазилинейной задачи оптимального управления.</p>	
<p>Знает методы усреднения решения задач оптимального управления и умеет применять их для построения приближенного решения одночастотных нелинейных задач оптимального управления.</p> <p>Показатели оценивания для каждого из двух индивидуальных заданий.</p> <p>3 балла: Из условия максимума функции Понтрягина найдено оптимальное управление. Выписана каноническая система уравнений краевой задачи принципа максимума. Получено условие трансверсальности. Проведено усреднение по фазе правых частей дифференциальных уравнений. Найдено решение краевой задачи для усредненных медленных переменных в зависимости от параметра <math>\beta</math>, вычислена усредненная фаза колебаний. Доказано, что минимальное значение функционала достигается при <math>\beta = 0</math>. Определено оптимальное управление в форме синтеза. Вычислено минимальное значение функционала или время окончания процесса в зависимости от постановки задачи, получены верные ответы.</p> <p>2 балла: Приведена верная последовательность всех этапов построения приближенного решения. Допущены описка и/или вычислительная ошибка, не влияющие на дальнейший ход решения. В результате этой описки или ошибки может быть получен неверный ответ. Или приведена верная последовательность всех этапов построения приближенного решения, получены верные ответы, но не обоснована правомерность использования значения параметра <math>\beta = 0</math>.</p> <p>1 балл: Решение не закончено или допущены ошибки при построении и решении усредненной системы, выписывании условия трансверсальности, определении оптимального</p>	6

<p>управления.</p> <p>0 баллов: Задание не выполнено или представленные результаты не содержат ни одного верно рассмотренного этапа построения приближенного решения поставленной нелинейной задачи оптимального управления.</p>	
<p>Знает метод малого параметра решения задач оптимального управления и умеет применять его для построения приближенного решения конкретной слабо управляемой системы.</p> <p>3 балла: Найдено общее решение системы нулевого приближения. Получены первые интегралы системы нулевого приближения. Найдено в нулевом приближении значение минимизируемого функционала и времени окончания процесса. Вычислен сопряженный вектор нулевого приближения. Из условия максимума функции Понтрягина найдено оптимальное управление. В первом приближении вычислены значение функционала, время окончания процесса и оптимальные траектории движения, получены верные ответы.</p> <p>2 балла: При верном решении допущена вычислительная ошибка, не влияющая на правильную последовательность рассуждений, и, возможно, приведшая к неверному ответу.</p> <p>1 балл: Решение не закончено или при построении первого приближения допущены грубые ошибки.</p> <p>0 баллов: Задание не выполнено или представленные результаты не содержат ни одного верно рассмотренного этапа построения приближенного решения поставленной задачи оптимального управления.</p>	3

### Итоговый контроль

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **17**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
<p>Знает основные понятия асимптотических методов нелинейной механики, метод Ван-дер-Поля и его обобщения. Знает постановку квазилинейной задачи оптимального управления с закрепленным временем. Умеет преобразовывать уравнения к стандартной системе с вращающейся фазой. Знает теоретическое обоснование применения методов усреднения к построению приближенного решения в задачах оптимального управления с фиксированным временем. Умеет применять методы усреднения к построению приближенного решения конкретных квазилинейных задач оптимального управления с фиксированным временем. Знает постановку квазилинейной задачи типа оптимального быстрогодействия. Знает особенности применения методов усреднения к построению приближенного решения в задачах оптимального управления с нефиксированным временем.</p> <p>17 баллов: Ответ на вопрос в билете исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки</p>	17

<p>обоснованы.</p> <p>13 баллов: Основной материал изложен, однако при проведении математических преобразований допущены опiski, неточности.</p> <p>9 баллов: Ответ не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований.</p> <p>4 балла: Ответ изложен частично, изложение теоретического материала не завершено, допущены ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок.</p> <p>0 баллов: Ответ на вопрос отсутствует или допущены грубые математические ошибки при изложении теоретического материала.</p>	
<p>Знает методы решения задач оптимального управления вращениями динамически симметричного твердого тела. Умеет преобразовывать уравнения, описывающие управляемые нелинейные колебания, к стандартному виду. Умеет применять методы усреднения к построению первого приближения в конкретных нелинейных задачах оптимального управления с фиксированным временем. Знает постановку нелинейной задачи типа оптимального быстрогодействия. Знает особенности применения методов усреднения к построению приближенного решения в задачах оптимального управления с нефиксированным временем.</p> <p>16 баллов: Ответ на вопрос в билете исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы.</p> <p>12 баллов: Основной материал изложен, однако при проведении математических преобразований допущены опiski, неточности.</p> <p>8 баллов: Ответ не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований.</p> <p>4 балла: Ответ изложен частично, изложение теоретического материала не завершено, допущены ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок.</p> <p>0 баллов: Ответ на вопрос отсутствует или допущены грубые математические ошибки при изложении теоретического материала.</p>	16
<p>Тест «Метод усреднения в задачах оптимального управления».</p> <p>Количество верных ответов соответствует начисляемому количеству баллов.</p>	7