

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра вычислительной и экспериментальной механики**

**Авторы-составители: Стрелкова Нина Александровна**

Рабочая программа дисциплины

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ КЛАССИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ**

Код УМК 92361

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

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Дополнительные главы классической механики

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

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

Направление: **01.04.03** Механика и математическое моделирование  
направленность Фундаментальная и прикладная механика

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

В результате освоения дисциплины **Дополнительные главы классической механики** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**01.04.03** Механика и математическое моделирование (направленность : Фундаментальная и прикладная механика)

**ОПК.1** Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы механики и математики

#### **Индикаторы**

**ОПК.1.1** Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области

**ОПК.1.2** Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	01.04.03 Механика и математическое моделирование (направленность: Фундаментальная и прикладная механика)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	2
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	4
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	144
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	48
<b>Проведение лекционных занятий</b>	24
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	24
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	96
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Экзамен (2 триместр)

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

### **Дополнительные главы классической механики**

#### **Кватернионные модели и методы механики твердого тела**

##### **Алгебра кватернионов**

Определение кватерниона. Умножение кватернионных единиц. Свойства кватернионов. Сопряженный, обратный, нормированный кватернионы.

##### **Тригонометрическая и экспоненциальная формы кватерниона. Преобразование вращения**

Тригонометрическая и экспоненциальная формы кватерниона. Производная кватерниона. Преобразование вращения. Применение кватернионов в задачах кинематики.

##### **Теория конечного поворота твердого тела**

Представление ортогонального преобразования в форме умножения кватернионов. Преобразование базисов. Гиперкомплексное отображение вектора на базис. Преобразование компонент неизменного вектора. Инвариантность операции вращения.

##### **Параметры Родрига–Гамильтона**

Параметры Родрига–Гамильтона. Сложение поворотов. Связь параметров Родрига–Гамильтона с другими кинематическими параметрами.

##### **Коллоквиум 1**

Алгебра кватернионов. Тригонометрическая и экспоненциальная формы кватерниона. Преобразование вращения. Теория конечного поворота твердого тела. Параметры Родрига–Гамильтона.

##### **Кватернионные кинематические уравнения**

Бесконечно-малое преобразование. Вектор угловой скорости. Вывод кинематических уравнений.

##### **Исследование кинематических уравнений**

Построение общего решения. Кинематические уравнения в других параметрах. Исследование кинематических уравнений.

##### **Частные случаи интегрируемости кинематических уравнений**

Некоторые частные случаи интегрируемости кинематических уравнений. Представление решения в виде произведения кватернионов. Решение кинематических уравнений для случая конической прецессии.

##### **Кватернионные матрицы и их применение**

Определение кватернионных матриц и их свойства. Кинематические и динамические уравнения вращательного движения твердого тела в матричном виде.

##### **Винтовое исчисление**

Основные понятия винтового исчисления. Мотор и винт. Дуальные числа. Функции дуальной переменной. Дуальные векторы и их свойства. Принцип перенесения Котельникова–Штуди.

##### **Бикватернионы**

Дуальные кватернионы (бикватернионы). Свойства бикватернионов. Тригонометрическая форма бикватерниона. Бикватернионные кинематические уравнения. Конечное винтовое перемещение твердого тела. Интегрирование бикватернионных кинематических уравнений.

##### **Оптимальное управление винтовым перемещением твердого тела**

Оптимальное по быстрдействию кинематическое управление трехосной ориентацией твердого тела.

Кинематическое управление винтовым перемещением твердого тела.

## **Коллоквиум 2**

Кватернионные кинематические уравнения. Исследование кинематических уравнений. Частные случаи интегрируемости кинематических уравнений. Кватернионные матрицы и их применение. Винтовое исчисление. Бикватернионы. Оптимальное управление винтовым перемещением твердого тела.

### **Применение параметров Кэли-Клейна в механике**

#### **Параметры Кэли-Клейна и их свойства**

Определение эрмитово сопряженной матрицы, унитарной матрицы, параметров Кэли-Клейна и матрицы Кэли-Клейна. Представление вектора и матрицы Кэли-Клейна через спиновые матрицы Паули. Тригонометрическая форма записи матрицы Кэли-Клейна.

#### **Преобразование координат с помощью матриц Кэли-Клейна**

Два способа задания ортогонального преобразования (преобразование координат неизменного вектора, представление операции вращения с помощью параметров Кэли-Клейна).

#### **Связь параметров Кэли-Клейна с другими кинематическими параметрами**

Связь параметров Кэли-Клейна с другими кинематическими параметрами (направляющими косинусами, углами Эйлера, параметрами Родрига-Гамильтона).

#### **Угловая скорость твердого тела и кинематические уравнения в параметрах Кэли-Клейна**

Угловая скорость в параметрах Кэли-Клейна. Дифференциальные кинематические уравнения в параметрах Кэли-Клейна.

#### **Задача Дарбу**

Задача Дарбу. Построение общего решения и некоторые частные случаи интегрируемости кинематических уравнений вращательного движения твердого тела.

#### **Уравнение Дарбу-Риккати**

Определение положения твердого тела по одному частному решению уравнения Дарбу-Риккати. Движение осесимметричного твердого тела по инерции.

#### **Применение параметров Кэли-Клейна в динамике симметричного твердого тела**

Динамические уравнения Эйлера в матрицах Кэли-Клейна. Уравнение движения симметричного твердого тела с одной неподвижной точкой в матрицах Кэли-Клейна. Приведение к системе четырех скалярных дифференциальных уравнений второго порядка. Частные случаи движения твердого тела.

#### **Дуальные параметры Кэли-Клейна**

Дуальные параметры Кэли-Клейна. Тригонометрическая форма записи дуальной матрицы Кэли-Клейна. Применение дуальных параметров Кэли-Клейна для описания конечного винтового перемещения твердого тела. Кинематические уравнения винтового движения твердого тела.

#### **Интегрирование кинематических уравнений винтового движения твердого тела**

Интегрирование кинематических уравнений винтового движения твердого тела в случае, когда кинематический винт сохраняет неизменным свое положение в связанной системе координат. Описание движения твердого тела с помощью последовательных винтовых перемещений с постоянными положениями осей винтов.

### **Итоговое контрольное мероприятие**

Параметры Кэли–Клейна и их свойства. Преобразование координат с помощью матриц Кэли–Клейна. Связь параметров Кэли–Клейна с другими кинематическими параметрами. Угловая скорость твердого тела и кинематические уравнения в параметрах Кэли–Клейна. Дуальные параметры Кэли–Клейна. Интегрирование кинематических уравнений винтового движения твердого тела.

## **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. Маланин В. В., Стрелкова Н. А. Применение параметров Кэли-Клейна в механике: монография / В. В. Маланин, Н. А. Стрелкова. - Пермь: Изд-во Перм. гос. нац. исслед. ун-та, 2011, ISBN 978-5-7944-1784-5. - 165. - Библиогр.: с. 153-164
2. Челноков Ю. Н. Кватернионные модели и методы динамики, навигации и управления движением / Ю. Н. Челноков. - Москва: Физматлит, 2011, ISBN 978-5-9221-1270-3. - 556. - Библиогр.: с. 526-556

### Дополнительная:

1. Применение кватернионов в кинематике: методические указания и контрольные задания / Федеральное агентство по образованию, Пермский государственный университет. - Пермь, 2008. - 30. - Библиогр.: с. 30
2. Голдстейн Г. Классическая механика / Г. Голдстейн; пер. А. Н. Рубашов. - Москва: Наука, 1975. - 416. - Библиогр. в конце глав. - Предм. указ.: с. 412-415
3. Лурье А. И. Аналитическая механика / А. И. Лурье. - Москва: Гос. изд-во физико-математической литературы, 1961. - 824.
4. Голубев, Ю. Ф. Основы теоретической механики : учебник / Ю. Ф. Голубев. — Москва : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2000. — 720 с. — ISBN 5-211-04244-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/13347>
5. Маланин В. В., Стрелкова Н. А. Оптимальное управление ориентацией и винтовым движением твердого тела / В. В. Маланин, Н. А. Стрелкова. - Москва: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", 2004, ISBN 5-93972-351-9. - 204. - Библиогр.: с. 190
6. Кошляков В.Н. Задачи динамики твердого тела и прикладной теории гироскопов: Аналитические методы / В. Н. Кошляков. - Москва: Наука, 1985. - 286. - Библиогр.: с. 275-283
7. Челноков Ю. Н. Кватернионные и бикватернионные модели и методы механики твердого тела и их приложения. Геометрия и кинематика движения / Ю. Н. Челноков. - М.: Физматлит, 2006, ISBN 5-9221-0680-5. - 512. - Библиогр.: с. 500-511

## **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 **Дополнительные главы классической механики** 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  
Дополнительные главы классической механики**

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

**ОПК.1**

**Способен находить, формулировать и решать актуальные проблемы механики и математики**

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ОПК.1.2</b> Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> основные понятия и утверждения теории кватернионов и бикватернионов, теории конечного поворота и кинематики углового движения твердого тела, аппарат параметров Родрига–Гамильтона, методы интегрирования кинематических уравнений вращательного и пространственного движений твердого тела; <b>УМЕТЬ:</b> применять кватернионные и бикватернионные методы для решения теоретических и прикладных задач, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания; <b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками проведения эффективных исследований движения твердого тела с использованием кватернионных методов и методов винтового исчисления.</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные понятия и утверждения теории кватернионов и бикватернионов, теории конечного поворота и кинематики углового движения твердого тела, аппарата параметров Родрига–Гамильтона. Не умеет применять кватернионные и бикватернионные методы для решения теоретических и прикладных задач механики.</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основных понятий и утверждений теории кватернионов и бикватернионов, теории конечного поворота и кинематики углового движения твердого тела, аппарата параметров Родрига–Гамильтона. Демонстрирует частично сформированное умение применять кватернионные и бикватернионные методы для решения теоретических и прикладных задач механики, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие некоторые пробелы знания основных понятий и утверждений теории кватернионов и бикватернионов, теории конечного поворота и кинематики углового движения твердого тела, аппарата параметров Родрига–Гамильтона. В целом успешные, но содержащие некоторые пробелы умения применять кватернионные и бикватернионные методы для решения теоретических и прикладных задач механики, давать содержательную</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>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 и утверждений теории кватернионов и бикватернионов, теории конечного поворота и кинематики углового движения твердого тела, аппарата параметров Родрига–Гамильтона. Сформированное умение применять кватернионные и бикватернионные методы для решения теоретических и прикладных задач механики, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания.</p>
<p><b>ОПК.1.1</b> Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> определение и основные свойства параметров и матриц Кэли–Клейна, методы, использующими комплексные и дуальные параметры Кэли–Клейна, для исследования задач вращательного и пространственного движений твердого тела; <b>УМЕТЬ:</b> формулировать задачи вращательного и пространственного движений твердого тела, применять матричные методы для интегрирования кинематических уравнений в параметрах Кэли–Клейна, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания; <b>ВЛАДЕТЬ:</b> навыками проведения эффективных исследований движения</p>	<p style="text-align: center;"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные свойства параметров и матриц Кэли–Клейна. Не умеет применять методы, использующие комплексные и дуальные параметры Кэли–Клейна, для решения теоретических и прикладных задач механики.</p> <p style="text-align: center;"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основных свойств параметров и матриц Кэли–Клейна. Демонстрирует частично сформированное умение применять методы, использующие комплексные и дуальные параметры Кэли–Клейна, для решения теоретических и прикладных задач механики, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений.</p> <p style="text-align: center;"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие некоторые пробелы знания основных свойств параметров и матриц Кэли–Клейна. В целом успешные, но содержащие некоторые пробелы умения применять методы, использующие комплексные и дуальные параметры Кэли–Клейна, для решения теоретических и прикладных задач</p>

Индикатор	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
	<p>твердого тела с использованием матричного аппарата параметров Кэли–Клейна.</p>	<p><b>Хорошо</b>  механики, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений. Умеет контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания.</p> <p><b>Отлично</b>  Сформированные систематические знания основных свойств параметров и матриц Кэли–Клейна.  Сформированное умение применять методы, использующие комплексные и дуальные параметры Кэли–Клейна, для решения теоретических и прикладных задач механики, давать содержательную интерпретацию результатов вычислений, контролировать правильность вычислений, самостоятельно приобретать новые знания.</p>

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Экзамен

**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 (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Алгебра кватернионов <b>Входное тестирование</b>	Проверка знаний базовых понятий и методов, необходимых для изучения курса «Дополнительные главы классической механики»
<b>ОПК.1.2</b> Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат	Коллоквиум 1 <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Умеет применять кватернионы для решения задач кинематики.
<b>ОПК.1.2</b> Выбирает метод решения поставленной задачи, анализирует полученный результат	Коллоквиум 2 <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Знать кинематику углового движения твердого тела, теорию бикватернионов, методы винтового исчисления. Уметь применять основные формулы и изученные методы для решения конкретных задач механики.
<b>ОПК.1.1</b> Определяет и формулирует задачу, пользуется языком предметной области	Итоговое контрольное мероприятие <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Знать определение и основные свойства параметров и матриц Кэли–Клейна. Владеть методами, использующими комплексные и дуальные параметры Кэли–Клейна, для исследования задач вращательного и пространственного движений твердого тела.

### Спецификация мероприятий текущего контроля

#### Алгебра кватернионов

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
Входное тестирование. 1 балл за каждый правильный ответ.	14

### Коллоквиум 1

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
<p>Показатели оценивания для каждого из двух индивидуальных заданий.</p> <p>5 баллов: Задача решена верно, все выкладки обоснованы.</p> <p>4 балла: Решение в целом верное, однако при проведении математических преобразований допущены опiski, неточности.</p> <p>3 балла: Решение не полное, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований.</p> <p>2 балла: Ответ изложен частично, решение задачи не завершено или получен неверный ответ, допущены ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок.</p> <p>1 балл: Решение задачи не завершено, допущены грубые математические ошибки при проведении математических преобразований, вычислений, выкладок.</p> <p>0 баллов: Решение задачи отсутствует или допущены грубые математические ошибки при использовании методов решения рассматриваемого класса задач.</p>	10
<p>Знает представление ортогонального преобразования в форме умножения кватернионов. Знает кватернионные формулы преобразования базисов и компонент неизменного вектора, теорему об инвариантности операции вращения и ее доказательство. Знает определения параметров Родрига–Гамильтона и собственного кватерниона, теоремы о сложении поворотов. Умеет находить связь параметров Родрига–Гамильтона с другими кинематическими параметрами.</p> <p>10 баллов: Ответ на вопрос в билете исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы.</p> <p>8 баллов: Основной материал изложен, однако при проведении математических преобразований допущены опiski, неточности.</p> <p>5 баллов: Ответ не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований.</p>	10



<p>3 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 определение кватерниона и свойства кватернионов. Знает представление кватерниона в тригонометрической и экспоненциальной формах. Умеет вычислять производную кватерниона. Знает теорему о преобразовании вращения и ее доказательство. Владеет навыками решения задач кинематики с использованием кватернионов.</p> <p>10 баллов: Ответ на вопрос в билете исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы.</p> <p>8 баллов: Основной материал изложен, однако при проведении математических преобразований допущены описки, неточности.</p> <p>5 баллов: Ответ не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований.</p> <p>3 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>	10

## Коллоквиум 2

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

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

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13**

Показатели оценивания	Баллы
<p>Тест «Кватернионные модели и методы механики твердого тела».</p> <p>Количество верных ответов соответствует начисляемому количеству баллов.</p>	10
<p>Знает определения дуального числа, дуального вектора. Знает свойства дуальных чисел и векторов. Умеет вычислять функции от дуальной переменной. Знает принцип перенесения Котельникова-Штуди. Знает определение дуального кватерниона (бикватерниона). Знает свойства бикватернионов. Умеет использовать бикватернионы при рассмотрении конечного винтового перемещения твердого тела. Знает постановку и методы решения задач оптимального по быстродействию кинематического управления ориентацией и винтовым перемещением твердого тела.</p>	10

<p>10 баллов: Ответ на вопрос в билете исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы.</p> <p>8 баллов: Основной материал изложен, однако при проведении математических преобразований допущены опiski, неточности.</p> <p>5 баллов: Ответ не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований.</p> <p>3 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 представление бесконечно-малого преобразования в кватернионной форме. Умеет выражать компоненты угловой скорости в связанном и опорном базисах через параметры Родрига–Гамильтона. Знает вывод кинематических уравнений в параметрах Родрига–Гамильтона. Умеет получать общее решение кинематических уравнений в кватернионной форме. Знает частные случаи интегрируемости кинематических уравнений. Знает кинематические уравнения в направляющих косинусах и углах Эйлера. Знает кватернионные матрицы и их свойства. Умеет использовать кватернионные матрицы в кинематике и динамике твердого тела.</p> <p>10 баллов: Ответ на вопрос в билете исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы.</p> <p>8 баллов: Основной материал изложен, однако при проведении математических преобразований допущены опiski, неточности.</p> <p>5 баллов: Ответ не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований.</p> <p>3 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>	10

### Итоговое контрольное мероприятие

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**

Показатели оценивания	Баллы
Доклад на	10

<p>семинаре.</p> <p>10 баллов: Подготовлены реферат, презентация, выступил на семинаре, ответил на все вопросы по теме доклада.</p> <p>8 баллов: Подготовлены реферат, презентация, испытывал затруднения при выступлении на семинаре, не смог ответить на некоторые вопросы по теме доклада.</p> <p>6 баллов: Материал доклада в реферате и презентации представлен не полностью, испытывал затруднения при выступлении на семинаре, не смог ответить на некоторые вопросы по теме доклада.</p> <p>4 балла: Материал доклада в реферате и презентации представлен не полностью, испытывал затруднения при выступлении на семинаре, не смог ответить на вопросы по теме доклада.</p> <p>2 балла: Подготовлен реферат, не подготовлена презентация, не выступил на семинаре.</p> <p>0 баллов: Не подготовлены реферат, презентация, не выступил на семинаре.</p>	
<p>Умеет выразить компоненты угловой скорости в связанном и опорном базисах через параметры Кэли–Клейна. Знает вывод двух форм кинематических уравнений в параметрах Кэли–Клейна. Знает частные случаи интегрируемости кинематических уравнений. Знает определение дуальных параметров и матрицы Кэли–Клейна. Знает свойства дуальных параметров Кэли–Клейна. Знает тригонометрическую форму дуальной матрицы Кэли–Клейна. Владеет навыками интегрирования кинематических уравнений винтового движения твердого тела в параметрах Кэли–Клейна.</p> <p>10 баллов: Ответ на вопрос в билете исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы.</p> <p>8 баллов: Основной материал изложен, однако при проведении математических преобразований допущены описки, неточности.</p> <p>5 баллов: Ответ не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований.</p> <p>3 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>	10
<p>Знает определения эрмитово сопряженной матрицы, унитарной матрицы, параметров Кэли–Клейна и матрицы Кэли–Клейна. Знает представление вектора и матрицы Кэли–Клейна через спиновые матрицы Паули. Знает тригонометрическую форму записи матрицы Кэли–Клейна. Знает два способа задания ортогонального преобразования.</p>	10

<p>Владеет навыками правильного использования формул преобразования координат и сложения поворотов с помощью матриц Кэли–Клейна. Знает связь параметров Кэли–Клейна с направляющими косинусами, углами Эйлера, параметрами Родрига–Гамильтона.</p> <p>10 баллов: Ответ на вопрос в билете исчерпывающий, изложен без ошибок, все выкладки обоснованы.</p> <p>8 баллов: Основной материал изложен, однако при проведении математических преобразований допущены опiski, неточности.</p> <p>5 баллов: Ответ не полный, студент не знает отдельных деталей, допускает негрубые ошибки и неточности при проведении математических преобразований.</p> <p>3 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>Тест «Применение параметров Кэли-Клейна в механике».</p> <p>Количество верных ответов соответствует начисляемому количеству баллов.</p>	<p>10</p>