


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

Факультет авиационной и морской техники

 Красильникова О.А.

«20» 03 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Аналитическая механика и теория колебаний»

Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Самолетостроение
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
2	4	3

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Авиастроение»

Разработчик рабочей программы:

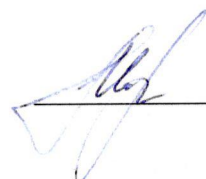
Доцент, Кандидат физико-математических наук



Щербатюк Г.А

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой
Кафедра «Авиастроение»



Марьин С.Б.

1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Аналитическая механика и теория колебаний» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации ФГОС ВО, утвержденный приказом Минобрнауки России от 04.08.2020 №877, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Самолетостроение» по специальности «24.05.07 Самолето- и вертолетостроение».

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 32.002 «Специалист по проектированию и конструированию авиационной техники». Обобщенная трудовая функция: С Руководство проектно-конструкторскими работами по разработке авиационной техники. НЗ-23 методы расчета характеристик летательного аппарата.

Профессиональный стандарт 32.004 «специалист по прочностным расчетам авиационных конструкций». Обобщенная трудовая функция: D Руководство проектно-расчетными работами по прочности авиационных конструкций. НЗ-22 основы теории колебаний.

Задачи дисциплины	<ul style="list-style-type: none"> - научить студентов составлять адекватные расчетные схемы и математические модели механических систем для расчета на динамические воздействия; - обучить методам построения математических моделей и расчетных схем динамических систем различной природы и сложности; -изучить методы качественного и количественного анализа динамических систем; - получение первоначального опыта творческого подхода к выбору адекватных расчетных схем и к изучению динамики разнообразных объектов современной техники; - освоить применение информационных технологий, современных систем компьютерной математики, наукоемких компьютерных технологий;
Основные разделы / темы дисциплины	<p>Основные положения аналитической механики. Условие равновесия и общее уравнение динамики. Вариационные принципы и дифференциальные уравнения аналитической механики. Колебания механических систем с одной степенью свободы Колебания систем с двумя и с конечным числом степеней свободы</p>

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «Аналитическая механика и теория колебаний» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и планируемые результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Общепрофессиональные		

ОПК-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач	ОПК-5.1 Знает физические и математические модели процессов изготовления деталей, узлов и агрегатов авиационных конструкций	Знать: - основные принципы аналитической механики и вытекающие из них методы исследования движения и равновесия механических систем - основные закономерности колебательных процессов в механических системах с одной и с любым конечным числом степеней свободы - методы расчета динамических характеристик систем с одной и несколькими степенями свободы
	ОПК-5.2 Умеет использовать методы физического и математического моделирования	Уметь: - использовать методологию аналитической механики и математики для решения практических задач, связанных с движением и равновесием механических систем - составлять адекватные расчетные схемы и математические модели механических систем для расчета на динамические воздействия - грамотно применять методы аналитической механики и теории колебаний в прикладных задачах
	ОПК-5.3 Умеет применять основные методы физико-математического анализа для решения конкретных инженерных задач	Владеть: - навыками расчета элементов машиностроительных конструкций и механизмов, используя методы аналитической механики в том числе используя современные программные продукты - навыками построения математических моделей и расчетных схем динамических систем - анализа математических моделей и расчетных схем динамических систем

3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Аналитическая механика и теория колебаний» изучается на 2 курсе, 4 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к основной части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Теоретическая механика», «Численные методы».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Аналитическая механика и теория колебаний», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Строительная механика самолетов», «Аналитические и сеточные методы математической физики», «Теория упругости, пластичности и ползучести», «Вычислительная механика», «Прочность авиационных конструкций», «Производственная практика

(научно-исследовательская работа)», «Производственная практика (преддипломная практика)».

Дисциплина «Аналитическая механика и теория колебаний» частично реализуется в форме практической подготовки.

Дисциплина «Аналитическая механика и теория колебаний» в рамках воспитательной работы направлена на умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий.

4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 3 з.е., 108 акад. час.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	108
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего	48
В том числе:	
занятия лекционного типа (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками), в том числе в форме практической подготовки:	16
занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:	32/8
Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	60
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой	0

5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
Раздел 1 - Основные положения аналитической механики				
<p>Основные положения аналитической механики Предмет и задачи аналитической динамики, ее связь с другими областями механики. Основные положения аналитической механики, классификация механических систем. Связи механической системы и их уравнения. Классификация связей Голономные и неголономные связи. Условия интегрируемости кинематических связей</p>	1	2		3
<p>Обобщенные координаты системы. Обобщенные скорости. Выражение скоростей точек системы через обобщенные скорости. Обобщенные ускорения. Возможные перемещения Малые перемещения точек системы Действительные и возможные перемещения системы. Число степеней свободы. Виртуальная работа. Обобщенные силы. Потенциальная энергия и Кинетическая энергия. Случай потенциальных сил. Идеальные связи. Примеры идеальных связей.</p>	1	2		3
Раздел 2 - Условие равновесия и общее уравнение динамики.				
<p>Аналитическая статика. Равновесие системы с идеальными связями Принцип Лагранжа (принцип возможных перемещений). Условия равновесия системы в обобщенных координатах. Принцип возможных перемещений.</p>	1	2		3
<p>Устойчивость равновесия голономной механической системы. Постановка задачи об устойчивости равновесия голономной системы. Теоремы о признаках устойчивости и неустойчивости равновесия консервативной системы. Влияние гироскопических и диссипативных сил на устойчивость равновесия. Теорема об асимптотической устойчивости равновесия определено-диссипативной системы</p>	1	2*		3
Раздел 3 - Вариационные принципы и дифференциальные уравнения аналитической механики				
<p>Аналитическая динамика Принцип д'Аламбера Принцип д'Аламбера - Лагранжа</p>	1	2		3
<p>Вариационные принципы. Уравнения Лагранжа и Гамильтона; их применение к решению прикладных задач. Вариационный принцип Гамильтона – Остроградского. Вывод принципа из общего уравнения динамики. Различные формулировки принципа Гамильтона – Остроградского. Случаи потенциальной и консервативной систем. Действие по Гамильтону. Функция Лагранжа.</p>	1	2*		3

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
Уравнений Лагранжа второго рода. Вывод. Частные случаи: наличие силовой функции, консервативные системы	2	4		6
Раздел 4 - Колебания				
Предмет теории колебаний. Виды колебаний. Основные положения и допущения линейной теории колебаний.	1			3
Собственные колебания с поглощением. Уравнение затухающих колебаний. Декремент затухания. Логарифмический декремент затухания Вынужденные колебания. Общее решение и его структура. Случай резонанса. Определение обобщенной силы при различных способах возбуждения. Резонанс. Вынужденные колебания системы с затуханием. Добротность. Комплексное сопротивление.	1	2*		
Колебания нелинейных систем. Фазовое пространство и фазовые траектории динамических систем. Вынужденные колебания.	1	2		3
Колебания в системах с двумя степенями свободы. Математические методы анализа колебательных систем.	1	2		6
Колебания в системах со многими степенями свободы. Колебательные системы с распределенными параметрами.	1	2		6
Устойчивость положения равновесия динамических систем. Замкнутые фазовые траектории. Диссипативные системы. Бифуркация динамических систем.	1	2		6
Методы теории нелинейных колебаний. О задачах теории нелинейных колебаний. Метод фазовой плоскости. Приближенные аналитические методы. Вариационный метод Бубнова–Галеркина	1	2*		6
Неавтономные системы. Параметрические колебания	1	2		3
ИТОГО по дисциплине	16	32	-	60

* реализуется в форме практической подготовки

6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

Компоненты самостоятельной работы	Количество часов
Изучение теоретических разделов дисциплины	16
Подготовка к занятиям семинарского типа	16
Освоение приемов работы в системах автоматизированных расчетов для решения задач аналитической механики	10
Подготовка и оформление контрольной работы	18
	60

7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

8.1 Основная литература

1. Аврамов К.В. Нелинейная динамика упругих систем. Том 1. Модели, методы, явления [Электронный ресурс] / К.В. Аврамов, Ю.В. Михлин. — Электрон. текстовые данные. — Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2015. — 716 с. // IPRbooks : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69361.html>, ограниченный. – Загл. с экрана.

2. Аврамов К.В. Нелинейная динамика упругих систем. Том 2. Приложения [Электронный ресурс] / К.В. Аврамов, Ю.В. Михлин. — Электрон. текстовые данные. — Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2015. — 700 с. // IPRbooks : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69362.html>, ограниченный. – Загл. с экрана.

3. Гантмахер, Ф.Р. Лекции по аналитической механике / Ф. Р. Гантмахер; под ред. Е.С.Пятницкого. - 3-е изд., стер. - М.: Физматлит, 2005. - 263с.

4. Яблонский, А.А. Курс теории колебаний: учеб. пособие для вузов / А. А. Яблонский, С. С. Норейко. - 4-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2003. - 248с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература)

8.2 Дополнительная литература

1. Ганиев, Р.Ф. Динамика систем твердых и упругих тел : резонансные явления при нелинейных колебаниях / Р. Ф. Ганиев, П. С. Ковальчук. - М.: Машиностроение, 1980. - 208с.

2. Стрелков, С.П. Введение в теорию колебаний: учебник для вузов / С. П. Стрелков. - 3-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2005. - 438с.: ил. - (Лучшие классические учебники. Физика).

8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

1. Ковалев, А. С., Малые колебания. I. Линейные колебания : учебно-методическое пособие / Е. В. Езерская, З. А. Майзелис, Т. С. Чебанова. – Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2013. – 112 с.
2. Сальникова, Т. В., Задачник по аналитической механике / К. Е. Якимова (составители). Под ред. К. Е. Якимовой. — 3-е изд. —М.: МГУ имени М. В. Ломоносова, механико-математический ф-т, каф. теоретической механики и мехатроники, 2017. — 88 стр.

8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

- 1 Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM. Договор ЕП 44№003/10 эбс ИКЗ 191272700076927030100100120016311000 от 17 апреля 2019 г.
- 2 Электронно-библиотечная система IPRbooks. Лицензионный договор №ЕП44№001/9 на предоставление доступа к электронно-библиотечной системе IPRbooks ИКЗ 191272700076927030100100090016311000 от 27 марта 2019 г.
- 3 Электронный портал научной литературы www.elibrary.ru.

8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- 1 Национальная платформа открытого образования. <https://openedu.ru/>
- 2 Курс видеолекций «Аналитическая механика» ФАЛТ МФТИ. [https:// Теоретическая механика — МФТИ \(mipt.ru\)](https://Теоретическая механика — МФТИ (mipt.ru))

1 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

9.3 Занятия семинарского типа

Семинарские занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы.

Основной формой проведения семинаров является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также разбор примеров и ситуаций в аудиторных условиях. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса.

Активность на семинарских занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- выполнение проектных и иных заданий;
- ассистирование преподавателю в проведении занятий.

Ответ должен быть аргументированным, развернутым, не односложным, содержать ссылки на источники.

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание заданий, выполненных на семинарском занятии, входит в накопленную оценку.

9.4 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиважнейшему средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

9.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.

4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

Методические указания по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к практическим занятиям

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, формулировки, выводы. Помечать важные мысли. Выделять ключевые слова, термины, формулы. Делать пометки на вопросах, терминах, блоках в тексте, которые вызывают затруднения, после чего постараться найти ответ в рекомендованной литературе. Если ответ не найден, то на консультации обратиться к преподавателю

Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом, конспектирование основных мыслей и выводов, решение задач по алгоритму

Для подготовки тем самостоятельного изучения следует пользоваться списком рекомендованной литературы.

Общие рекомендации по организации самостоятельной работы:

Время, которым располагает студент для выполнения учебного плана, складывается из двух составляющих: одна из них - это аудиторная работа в вузе по расписанию занятий, другая - внеаудиторная самостоятельная работа. Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются во время учебных занятий по расписанию, на этих же занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой, а также оказывает помощь студентам по правильной организации работы.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы, необходимо заниматься по 1 - 3 часа ежедневно. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых же дней семестра.

Начиная работу, не нужно стремиться делать вначале самую тяжелую ее часть, надо выбрать что-нибудь среднее по трудности, затем перейти к более трудной работе. И напоследок оставить легкую часть, требующую не столько больших интеллектуальных усилий, сколько определенных моторных действий (построение графиков и т.п.).

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут - работа, 5-10 минут - перерыв; после 3 часов работы перерыв - 20-25 минут. Иначе нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания.

Начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы необходимо стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале.

При изучении курса особое внимание следует уделить приобретению навыков решения задач. Для этого, изучив материал данной темы, надо сначала обязательно разобраться в решениях соответствующих задач, которые приводятся в учебниках. Затем постараться самостоятельно решить указанные задачи и после этого приступить к решению соответствующей задачи из контрольного задания.

Методические указания по выполнению контрольной работы

Цель контрольной работы – проверка знаний, полученных студентами изучении дисциплины закрепления навыков.

Выполнение заданий должно основываться на предварительном изучении теоретического материала.

Процесс работы над к/р является важным этапом получения оценки по дисциплине.

В помощь студентам приведены методические указания к решению задач, примеры решения задач.

Номера заданий студентом выбираются в соответствии с рекомендациями, указанными для каждого задания.

Оценка выполнения к/р осуществляется преподавателем дисциплины путем проставления на титульном листе отметки «Зачтено», «Не зачтено» после проверки заданий.

Приступая к выполнению к/р, следует изучить дисциплину в соответствии с рабочей, решить задачи для самостоятельного решения. Затем, по приведенным рекомендациям, выбрать задания и выполнить их в виде расчетно-графического задания.

Задание выполняется на листах А4, страницы которой нумеруются. Титульный лист выполняется в соответствии с требованиями выполнения студенческих работ. Решение каждой задачи обязательно начинать на новом листе. Сверху указывается тема задачи. К каждой задаче обязательно приводится текст и схемы указанные в задании. Далее записывается, что в задаче дано и что требуется определить (текст задачи не переписывать). В левой части листа приводятся расчётные схемы, делается чертеж (карандашом или средствами компьютерной графики). Все чертежи выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ и требованиями к выполнению студенческих работ КнАГУ. Чертеж должен быть аккуратным и наглядным.

Далее записывается решение. В конце задачи приводится ответ в виде таблицы.

Решение задач необходимо сопровождать краткими пояснениями (какие формулы или теоремы применяются, откуда получаются те или иные результаты и т.п.) и подробно излагать весь ход расчетов. На каждой странице следует оставлять поля для замечаний рецензента.

При чтении текста каждой задачи учесть следующее. Большинство рисунков дано без соблюдения масштаба. Схемы чертить с соблюдением масштаба.

Следует также иметь в виду, что некоторые из заданных в условиях задачи величин (размеров) при решении каких-нибудь вариантов могут не понадобиться, они нужны для решения других вариантов задачи. Из всех пояснений в тексте задачи обращайтесь внимание только на относящиеся к вашему варианту, т.е. к номеру вашего рисунка или вашего условия в таблице.

Методические указания по решению задач, входящих в контрольные задания, даются для каждой задачи после изложения ее текста под рубрикой "Указания"; затем дается пример решения аналогичной задачи. Цель примера разъяснить ход решения, но не воспроизвести его полностью. Поэтому в ряде случаев промежуточные расчеты опускаются. Но при выполнении задания все преобразования и числовые расчеты должны быть обязательно последовательно проделаны с необходимыми пояснениями; в конце должны быть даны ответы.

10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Отсутствует

10.2 Технические и электронные средства обучения

Лекционные занятия.

Аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия, тематические иллюстрации).

Для реализации дисциплины подготовлены следующие презентации:

1. Основные положения аналитической механики;
2. Обобщенные координаты системы.
3. Возможные перемещения;
4. Аналитическая статика;
5. Принцип возможных перемещений
6. Вариационные принципы
7. Уравнение Лагранжа второго рода
8. Основные положения и допущения линейной теории колебаний.
9. Понятие о малых движениях системы около устойчивого положения равновесия
10. Дифференциальные уравнения малых колебаний консервативной системы в линейном приближении
11. Вынужденные колебания в консервативной системе
12. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики системы.

Практические занятия

Аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук). Для проведения ряда практических работ применяются ПВМ.

Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде КНАГУ:

компьютерные классы (225 корпус № 3).

11 Иные сведения

Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных

группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
по дисциплине

«Аналитическая механика и теория колебаний»

Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Самолетостроение
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
2	4	3

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Авиастроение»

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Таблица 1 – Компетенции и планируемые результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Общепрофессиональные		
ОПК-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач	ОПК-5.1 Знает физические и математические модели процессов изготовления деталей, узлов и агрегатов авиационных конструкций	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные принципы аналитической механики и вытекающие из них методы исследования движения и равновесия механических систем - основные закономерности колебательных процессов в механических системах с одной и с любым конечным числом степеней свободы - методы расчета динамических характеристик систем с одной и несколькими степенями свободы
	ОПК-5.2 Умеет использовать методы физического и математического моделирования	<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - использовать методологию аналитической механики и математики для решения практических задач, связанных с движением и равновесием механических систем - составлять адекватные расчетные схемы и математические модели механических систем для расчета на динамические воздействия - грамотно применять методы аналитической механики и теории колебаний в прикладных задачах
	ОПК-5.3 Умеет применять основные методы физико-математического анализа для решения конкретных инженерных задач	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками расчета элементов машиностроительных конструкций и механизмов, используя методы аналитической механики в том числе используя современные программные продукты - навыками построения математических моделей и расчетных схем динамических систем - анализа математических моделей и расчетных схем динамических систем

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
<ul style="list-style-type: none"> • Основные положения аналитической механики • Условие равновесия и общее уравнение динамики • Вариационные принципы и дифференциальные уравнения аналитической механики 	ОПК-5	Контрольные вопросы к теме	Знание фундаментальных законов и уравнений динамики, кинематики, основных принципов анализа механических систем. Системные знания классических методов.
	ОПК-5	Задачи контрольной работы по вариантам	Умение применять основные положения, методы, составлять математические модели изменения состояний в виде систем дифференциальных или алгебраических уравнений. Иметь навыки анализа механических систем, умение самостоятельно определять и оценивать параметры механических систем.
<ul style="list-style-type: none"> • Вариационные принципы и дифференциальные уравнения аналитической механики • Колебания механических систем с одной степенью свободы • Колебания систем с двумя и с конечным числом степеней свободы 	ОПК-5	Контрольные вопросы к теме	Знание фундаментальных законов и уравнений динамики, кинематики, основных принципов анализа механических систем. Системные знания классических методов.
	ОПК-5	Задачи контрольной работы по вариантам	Умение применять основные положения, методы, составлять математические модели изменения состояний в виде систем дифференциальных или алгебраических уравнений. Иметь навыки анализа механических систем, умение самостоятельно определять и оценивать параметры механических систем.

2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

В начале каждой лекции проводится проверка знаний материала в форме письменного опроса по теме предыдущей лекции

Таблица 3 – Технологическая карта

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<i>Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</i>				
1	Контрольная работа	14 неделя	20	5 баллов - студент правильно выполнил задание. Показал отличный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4- балла - студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла - студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла - при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов – задание не выполнено.
2	Контрольные вопросы к теме	В течение семестра	5 баллов $K2 = \sum k_i / 16$ k_i - оценка за каждый письменный опрос или тест	5. баллов – студент правильно выполнил задание. Показал отличный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент выполнил задание с небольшими неточностями. Показал хороший уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент выполнил задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – при выполнении задания студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний, умений и навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 0 баллов – задание не выполнено.
3	Наличие опорного конспекта по темам, знания наизусть определений и теорем	В течение семестра	10 баллов	10 баллов - Наличие полного комплекта конспектов лекций и тем для самостоятельного изучения, студент показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. 8 баллов - Наличие полного комплекта конспектов лекций и тем для самостоятельного изучения, студент показал знания теоретического материала с небольшими неточностями в формулировках и рассуждениях 5 баллов - Наличие комплекта конспектов лекций и тем для самостоятельного изучения по большинству тем, Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала.
4	Практические задания (практические работы, задания, выполняемые в рабочей тетради, тесты)	В течение семестра	15 баллов	30 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 24 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие умения навыки в рамках

	Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
				<p>усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении.</p> <p>20 баллов - Студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления имеет недостаточный уровень.</p> <p>0 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом проявил недостаточный уровень умений и навыков, а также неспособен пояснить полученный результат.</p>
ИТОГО:			50 баллов	
<p>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине: 0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине); 65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень); 75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень); 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)</p>				

3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций в ходе освоения образовательной программы

3.1 Задания для текущего контроля успеваемости

В рамках практических занятий, на основе знаний и умений, отработанных на типовых задачах, студенты выполняют практические работы (в том числе с применением автоматизированных систем расчетов), направленные на освоение приемов работы в системах автоматизированных расчетов для решения задач аналитической механики и закрепление навыка.

Темы практических заданий:

Практическая работа № 1. Моделирование уравнений связей;

Практическая работа № 2. Определение реакций связей используя принцип возможных перемещений;

Практическая работа № 3. Применение Уравнения Лагранжа II-рода к исследованию систем с одной и несколькими степенями свободы;

Практическая работа № 4. Основные методы расчетов динамики машин и конструкций

Практическая работа № 5. Приближенные методы исследований нелинейных систем. Асимптотические методы малого параметра;

Контрольные вопросы к темам

1. В чем заключается основное содержание аналитической механики?
2. Назовите характерные особенности ньютоновой, лагранжевой и гамильтоновой механики.
3. Как классифицируются механические системы по типу наложенных связей?
4. Как классифицируются связи, накладываемые на механические системы?
5. Что такое возможные и виртуальные перемещения?

6. Сформулируйте условие идеальности связей.
7. Запишите общее уравнение динамики (вариационный принцип Даламбера –Лагранжа).
8. Сформулируйте определение степеней свободы механической системы. Приведите примеры.
9. Что такое независимые и обобщенные координаты?
10. Что называют конфигурационным пространством?
11. Запишите выражение для обобщенных сил.
12. Запишите выражение для кинетической энергии в обобщенных координатах.
13. Сформулируйте вариационный принцип Гамильтона.
14. Что такое функция Лагранжа?
15. Что называют действием по Гамильтону?
16. Запишите уравнение движения механической системы в обобщенных координатах – уравнение Лагранжа второго рода.
17. Запишите математическое выражение теоремы об изменении полной энергии механической системы.
18. Какие механические системы называют консервативными?
19. Что такое гироскопические и диссипативные силы, диссипативная функция Релея?
20. Какие переменные называют каноническими?
21. Запишите функцию и уравнения Гамильтона.
22. Как формулируется вторая форма принципа Гамильтона (выражение через переменные Гамильтона)?
23. Что такое фазовое пространство и фазовая жидкость?
24. Сформулируйте теорему сохранения энергии как следствие канонических уравнений.
25. Какое преобразование координат называют каноническим преобразованием?

Контрольные вопросы к практическим работам

1. Что называется колебаниями?
2. Назовите основные характеристики колебательных движений.
3. Назовите отличительные характеристики колебательных систем.
4. Каковы особенности консервативных колебательных систем?
5. Как выглядит фазовый портрет консервативных колебательных систем с одной степенью свободы?
6. Назовите основные элементы фазового портрета.
7. Как называются особые точки фазового портрета для консервативной системы с одной степенью свободы, соответствующие устойчивому и неустойчивому положению равновесия?
8. Укажите два способа составления расчетных схем колебательных систем.
9. Напишите уравнение вынужденных колебаний линейной системы с одной степенью свободы без трения при гармоническом возбуждении и его решения.
10. Напишите уравнение колебания линейной системы с одной степенью свободы с вязким трением.
11. Что такое коэффициент поглощения, или относительный гистерезис?
12. Каковы особенности вынужденных колебаний систем при вязком трении?
13. Какие допущения лежат в основе линеаризации уравнений движения?
14. Что называют главными, или нормальными, координатами?
15. Запишите формулы для определения частот и форм собственных колебаний систем с конечным числом степеней свободы.
16. В чем состоит свойство ортогональности форм собственных колебаний?
17. Запишите связь форм собственных колебаний и главных координат.
18. Каковы особенности вынужденных колебаний системы с конечным числом степеней свободы без трения?
19. Что такое динамическая податливость?

20. Объясните физический смысл явления антирезонанса.
21. Что называют диссипативной функцией Рэля?
22. В чем заключается суть метода комплексных амплитуд?
23. Назовите примеры параметрических колебательных систем.
24. В чем заключается особенность параметрического резонанса?
25. Что представляет собой диаграмма устойчивости параметрической системы?
26. Каковы основные свойства нелинейных колебательных систем?
27. Укажите особенности резонанса в нелинейных колебательных системах.
28. Какими свойствами должна обладать колебательная система, чтобы в ней могли происходить автоколебания?
29. Укажите основные аналитические методы исследования нелинейных колебаний.

Содержание контрольной работы

Задание 1 Отыскание закона движения системы Для приведенной на схеме механической системы составить уравнение движения, используя одну из общих теорем динамики. Для выбранных начальных условий найти закон движения системы. Построить графики изменения во времени обобщенной координаты, скорости и ускорения.

Задание 2 Составление уравнений Лагранжа второго рода Для заданной механической системы определить число степеней свободы, ввести и описать обобщенные координаты. Составить выражения для кинетической, потенциальной энергии или виртуальной работы. Вычислить необходимые частные производные, обобщенные силы и составить уравнения Лагранжа второго рода. Получить решение Результат проиллюстрировать графически.

