

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.  
«10» 06 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Вычислительная механика»

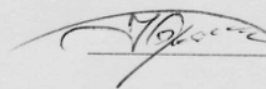
Специальность	24.05.07 Самолето- и вертолетостроение
Специализация	Самолетостроение
Квалификация выпускника	Инженер
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Очная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	6	3

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

Разработчик рабочей программы:

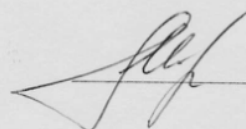
Профессор, Доцент, Доктор физико-математических наук



Бормотин К.С

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой  
Кафедра «Авиастроение»



Марьин С.Б.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Вычислительная механика» 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 консультации с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которых востребованы выпускники: «Протокол КС» (04 20.02.2021).

НЗ-2 Основные физические модели процессов, явлений и объектов в области авиационной техники.

Задачи дисциплины	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Рассмотреть численные методы и основы технологии конечно-элементного анализа;</li> <li>- Рассмотреть возможностями современных конечно-элементных программных комплексов для решения задач механики;</li> <li>- Формирование умения и навыков использования конечно-элементных программных комплексов для проведения расчетов напряженно-деформированного состояния конструкций.</li> </ul>
Основные разделы / темы дисциплины	<p><b>Раздел 1. Основные положения метода конечных элементов:</b>          Тема 1. Конечные элементы упругой среды,          Тема 2. Обобщение понятия конечных элементов,          Тема 3. Расчет МКЭ пространственной стержневой конструкции.</p> <p><b>Раздел 2. Метод конечных элементов в плоском напряженном и плоском деформированном состоянии:</b>          Тема 1. Треугольные конечные элементы,          Тема 2. Матрица жесткости. Объемные силы,          Тема 3. Расчет МКЭ плоской задачи теории упругости.</p> <p><b>Раздел 3. Метод конечных элементов для трехмерных конструкций:</b>          Тема 1. Исследование трехмерного напряженного состояния,          Тема 2. Расчет МКЭ объемной задачи теории упругости.</p> <p><b>Раздел 4. Функции формы элемента. Численное интегрирование:</b>          Тема 1. Прямоугольные элементы,          Тема 2. Семейство треугольных элементов,          Тема 3. Вычисление матриц элемента в криволинейных координатах,          Тема 4. Метод ISO MESH для построения сетки конечных элементов.</p>

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

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

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
<p>ОПК-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач</p>	<p>ОПК-5.1 Знает физические и математические модели процессов изготовления деталей, узлов и агрегатов авиационных конструкций  ОПК-5.2 Умеет использовать методы физического и математического моделирования  ОПК-5.3 Умеет применять основные методы физико-математического анализа для решения конкретных инженерных задач</p>	<p><b>Знать:</b> основные соотношения метода конечных элементов, используемые для решения задач механики деформируемого твердого тела.  <b>Уметь:</b> использовать конечно-элементные программные комплексы для проведения инженерных расчетов конструкций на прочность и жесткость.  <b>Владеть:</b> навыками работы с современными системами компьютерного инжиниринга (CAE-системами).</p>
<p>ОПК-8 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения</p>	<p>ОПК-8.1 Знает технологию разработки алгоритмов и компьютерных программ для решения практических задач  ОПК-8.2 Умеет решать профессиональные задачи по готовым математическим моделям с применением современных языков программирования и передовых инструментальных средств  ОПК-8.3 Владеет навыками выбора и применения современных инструментальных средств и технологий программирования, методов математического и компьютерного моделирования</p>	<p><b>Знать:</b> основной алгоритм метода конечных элементов, назначение и возможности макроязыка в системах инженерного анализа.  <b>Уметь:</b> создавать программы пользователя для построения конечно-элементной модели по заданным параметрам в CAE-системе.  <b>Владеть:</b> навыками отладки и компиляции разработанных программ на макроязыке CAE-системы.</p>

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Вычислительная механика» изучается на 3 курсе, 6 семестре.

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

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Гео-

ретическая механика», «Численные методы», «Теория механизмов и машин», «Сопротивление материалов», «Аналитическая механика и теория колебаний», «Строительная механика самолетов», «Аналитические и сеточные методы математической физики», «Теория упругости, пластичности и ползучести», «Средства автоматизированных вычислений», «Численные методы».

Знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплины «Вычислительная механика», будут востребованы при изучении последующих дисциплин: «Производственная практика (научно-исследовательская работа)», «Производственная практика (преддипломная практика)», «Аддитивные технологии».

Дисциплина «Вычислительная механика» частично реализуется в форме практической подготовки. Практическая подготовка организуется путем проведения / выполнения практических занятий, самостоятельных работ.

Дисциплина «Вычислительная механика» в рамках воспитательной работы направлена на формирование у обучающихся умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения или творчески развитой личности, системы осознанных знаний, ответственности за выполнение учебно-производственных заданий и т.д.

#### **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
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	48
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками), в том числе в форме практической подготовки:	16 0
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия), в том числе в форме практической подготовки:	32 24
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , 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	
<b>Раздел 1. Основные положения метода конечных элементов.</b>				
<b>Тема 1. Конечные элементы упругой среды.</b> <i>Свойства конечных элементов. Метод перемещений. Эквивалентные узловые силы. Метод перемещений как минимизация полной потенциальной энергии. Архитектура MSC.Patran.</i>	3			3
<b>Тема 2. Обобщение понятия конечных элементов.</b> <i>Вариационные задачи. Критерии сходимости. Неузловые параметры. Метод Галеркина.</i>	2			3
<b>Тема 3. Расчет МКЭ пространственной стержневой конструкции.</b>		6*		
<b>Раздел 2. Метод конечных элементов в плоском напряженном и плоском деформированном состоянии.</b>				
<b>Тема 1. Треугольные конечные элементы.</b> <i>Функции перемещений. Матрица деформаций. Начальная деформация.</i>	1			3
<b>Тема 2. Матрица жесткости. Объемные силы.</b> <i>Матрица упругости для плоского напряженного состояния и для плоского деформированного состояния в изотропном материале. Анизотропные материалы. Матрица жесткости. Узловые силы.</i>	2			3

<b>Тема 3. Расчет МКЭ плоской задачи теории упругости.</b>		8*		10
<b>Раздел 3. Метод конечных элементов для трехмерных конструкций.</b>				
<b>Тема 1. Исследование трехмерного напряженного состояния.</b> <i>Функции перемещений. Матрица деформаций. Матрица упругости. Матрица жесткости, напряжений и нагрузок.</i>	2			3
<b>Тема 2. Расчет МКЭ объемной задачи теории упругости.</b>		10*		10
<b>Раздел 4. Функции формы элемента. Численное интегрирование.</b>				
<b>Тема 1. Прямоугольные элементы.</b> <i>Лагранжево и Сирендиново семейство. Прямоугольные призмы.</i>	2			5
<b>Тема 2. Семейство треугольных элементов.</b> <i>L-координаты. Функции формы. Тетраэдральные элементы.</i>	2			5
<b>Тема 3. Вычисление матриц элемента в криволинейных координатах.</b> <i>Геометрическое соответствие элементов. Условие непрерывности неизвестной функции. Вычисление матриц элемента. Квадратура Ньютона-Котеса, Гаусса.</i>	2			5
<b>Тема 4. Метод ISO MESH для построения сетки конечных элементов.</b> Функция для построения конечно-элементной модели конструкции. Пост-процессорная обработка результатов.		8		10
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	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	30
Выполнение и подготовка к защите контр.раб.	30
<b>Итого</b>	<b>60</b>

## **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. Бормотин, К.С. Анализ напряжённо-деформированного состояния в системе MSC.NASTRAN & MSC.PATRAN : учеб. пособие / К. С. Бормотин, А. И. Олейников. - Комсомольск-на-Амуре : Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос.техн.ун-та, 2009. - 135с.
2. Методические указания к выполнению РГЗ и курсовых работ по теории пластичности и ползучести в системе MSC.PATRAN & MSC.MARC / сост.: К.С. Бормотин, А.И. Олейников. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2009.
3. Присекин, В.Л. Основы метода конечных элементов в механике деформируемых тел [Электронный ресурс] : учебник / Присекин В.Л., Расторгуев Г.И. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 238 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.
4. Прокопьев В.И. Вычислительная механика. Часть 1. Статика стержневых структур [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Прокопьев. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017. — 67 с. // IPRbooks : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63071.html>, ограниченный. – Загл. с экрана.

### **8.2 Дополнительная литература**

1. Серпик, И.Н. Метод конечных элементов в решении задач механики несущих систем : учебное пособие для вузов / И. Н. Серпик. - М.: Изд-во АСВ, 2015. - 200с.
2. Белоцерковский, О.М. Численное моделирование в механике сплошных сред / О. М. Белоцерковский. - М.: Наука, 1984. - 520с.
3. Трушин, С.И. Метод конечных элементов. Теория и задачи : учебное пособие / С. И. Трушин. - М.: Изд-во АСВ, 2008. - 256с.
4. Введение в численные методы в задачах и упражнениях [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.В. Гулин, О.С. Мажорова, В.А. Морозова. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 368 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.
5. Колдаев, В. Д. Численные методы и программирование [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Д. Колдаев ; под ред. проф. Л.Г. Гагариной. — М. : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2018. — 336 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.



6. Численные методы. Практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.В. Пантелеев, И.А. Кудрявцева. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 512 с. // ZNANIUM.COM : электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php>, ограниченный. – Загл. с экрана.

### 8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Обучение дисциплине «Вычислительная механика» предполагает изучение курса как на аудиторных занятиях, так и в ходе самостоятельной работы. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций, практических работ (компьютерных практикумов).

Для успешного выполнения практических и самостоятельной работ учащимся рекомендуется использовать следующее учебно-методическое обеспечение:

1. Олейников, А.И. Анализ напряженно-деформированного состояния в системе MSC.Nastran&MSC.Patran / А.И. Олейников, К.С. Бормотин. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос. техн.ун-та, 2009. - 135 с.

2. Бормотин, К. С. Расчет технологических параметров в интегрируемом комплексе программ / К. С. Бормотин, А.И. Олейников – Комсомольск-на-Амуре : Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос. техн. ун-та, 2014. – 64 с.

3. Методические указания к выполнению РГЗ и курсовых работ по теории пластичности и ползучести в системе MSC.PATRAN & MSC.MARC / сост.: К.С. Бормотин, А.И. Олейников. – Комсомольск-на-Амуре : ГОУВПО «КнАГТУ», 2009.

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

Освоение дисциплины «Вычислительная механика» основывается на активном использовании Microsoft Office, Patran, Natran, Marc в процессе изучения теоретических разделов дисциплины, подготовки к практическим занятиям, а также при выполнении контрольной работы. С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий и контрольной работы. Для ознакомления с расчетными методами используются САЕ-системы Patran, Natran, Marc.

### 8.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
University MD FEA Bundle (Natran, Patran, Marc)	Лицензионное свидетельство ЕС 4681 от 01.09.2002 г.
OnlyOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.onlyoffice.com/ru/download-desktop.aspx">https://www.onlyoffice.com/ru/download-desktop.aspx</a>

## **9 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;
- участие в дискуссиях;
- 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.

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

## 10.1 Учебно-лабораторное оборудование

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
Ауд. 225 3 корпус	Мультимедийный класс	Экран, мультимедиа проектор, персональные компьютеры

При реализации дисциплины «Вычислительная механика» на базе профильной организации используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Стандартное или специализированное оборудование, обеспечивающее выполнение заданий	Назначение оборудования
Экран, мультимедиа проектор, персональные компьютеры	Проведение компьютерных практикумов

## 10.2 Технические и электронные средства обучения

Процесс обучения сопровождается использованием компьютерных программ: University MD FEA Bundle, OnlyOffice.

## 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 производятся 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 использо-

вания). 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**

**«Вычислительная механика»**

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.
3	6	3

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

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

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	<p>ОПК-5.1 Знает физические и математические модели процессов изготовления деталей, узлов и агрегатов авиационных конструкций</p> <p>ОПК-5.2 Умеет использовать методы физического и математического моделирования</p> <p>ОПК-5.3 Умеет применять основные методы физико-математического анализа для решения конкретных инженерных задач</p>	<p><b>Знать:</b> основные соотношения метода конечных элементов, используемые для решения задач механики деформируемого твердого тела.</p> <p><b>Уметь:</b> использовать конечно-элементные программные комплексы для проведения инженерных расчетов конструкций на прочность и жесткость.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками работы с современными системами компьютерного инжиниринга (CAE-системами).</p>
ОПК-8 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения	<p>ОПК-8.1 Знает технологию разработки алгоритмов и компьютерных программ для решения практических задач</p> <p>ОПК-8.2 Умеет решать профессиональные задачи по готовым математическим моделям с применением современных языков программирования и передовых инструментальных средств</p> <p>ОПК-8.3 Владеет навыками выбора и применения современных инструментальных средств и технологий программирования, методов математического и компьютерного моделирования</p>	<p><b>Знать:</b> основной алгоритм метода конечных элементов, назначение и возможности макроязыка в системах инженерного анализа.</p> <p><b>Уметь:</b> создавать программы пользователя для построения конечно-элементной модели по заданным параметрам в CAE-системе.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками отладки и компиляции разработанных программ на макроязыке CAE-системы.</p>

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного	Показатели оценки
--	-------------------------	-------------------------	-------------------

плины		средства	
<b>Раздел 1. Основные положения метода конечных элементов.</b>	ОПК-5	Практическая работа	Полнота и правильность выполнения заданий. Демонстрирует практическое использование математических методов.
<b>Раздел 2. Метод конечных элементов в плоском напряженном и плоском деформированном состоянии.</b>	ОПК-5	Практическая работа, Контрольная работа	Полнота и правильность выполнения заданий. Демонстрирует практическое использование математических методов. Качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ - соответствие требованиям единой системы конструкторской документации); достаточность пояснений.
<b>Раздел 3. Метод конечных элементов для трехмерных конструкций.</b>	ОПК-5	Практическая работа, Контрольная работа	Полнота и правильность выполнения заданий. Демонстрирует практическое использование математических методов. Качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ - соответствие требованиям единой системы конструкторской документации); достаточность пояснений.
<b>Раздел 4. Функции формы элемента. Численное интегрирование.</b>	ОПК-5, ОПК-8	Практическая работа, Контрольная работа	Полнота и правильность выполнения заданий. Демонстрирует практическое использование математических методов. Качество оформления (аккуратность, логичность, для чертежно-графических работ - соответствие требованиям единой системы конструкторской документации); достаточность пояснений.



**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).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<p>6 семестр <b>Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</b></p>			
Практическая работа	В течение семестра	10 баллов	<p>10 баллов – студент правильно выполнил практические задания. Показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>7 баллов – студент выполнил практические задания с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>3 балла – студент выполнил практические задания с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов – при выполнении практических заданий студент продемонстрировал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
Контрольная работа	В течение семестра	10 баллов	<p>10 баллов – студент правильно выполнил задания. Показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>7 баллов – студент выполнил задания с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных</p>

			вопросов. 3 балла – студент выполнил задания с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей. 0 баллов – при выполнении заданий студент продемонстрировал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.
<b>ИТОГО:</b>		20 баллов	
<p><b>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</b>  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**

**Практическая работа**

Параметры задач выдаются преподавателем по вариантам.

**Задание 1.** (Реализуется в форме практической подготовки). Дана пространственная стержневая конструкция. Провести анализ напряженно-деформированного состояния.

**Задание 2.** (Реализуется в форме практической подготовки). Дана упругая пластинка с размерами, к которой приложены нагрузки. Провести анализ напряженно-деформированного состояния.

**Задание 3.** (Реализуется в форме практической подготовки). Дана трехмерная модель конструкции с размерами, к которой приложены нагрузки. Провести анализ напряженно-деформированного состояния.

**Задание 4.** Дана двухмерная модель конструкции с размерами, к которой приложены нагрузки. Построить сетку конечных элементов разными методами и провести анализ напряженно-деформированного состояния.

**3.2. Задания для промежуточной аттестации**

### **Контрольная работа**

Анализ 3D-конструкции при деформировании. Использовать метод ISO MESH для построения сетки конечных элементов. Варианты конструкций, их размеры, свойства материала даны в учебно-методической литературе:

Олейников, А.И. Анализ напряженно-деформированного состояния в системе MSC.Nastran&MSC.Patran / А.И. Олейников, К.С. Бормотин. - Комсомольск-на-Амуре: Изд-во Комсомольского-на-Амуре гос. техн.ун-та, 2009. - 135 с.

