

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 06 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Суперкомпьютерные технологии проектирования двигателей
летательных аппаратов
_____ (наименование)

Форма обучения: _____ очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: _____ магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: _____ 252 (7)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: _____ 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
(код и наименование направления)

Направленность: Суперкомпьютерные технологии проектирования двигателей
летательных аппаратов
_____ (наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины повышение уровня профессиональной компетентности в решении проблем механики применительно к двигателям летательных аппаратов с применением суперкомпьютерных технологий.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- изучение численных методов расчета механики конструкции двигателей летательных аппаратов;
- освоение программы для выполнения анализа прочностного, теплового, вибрационного состояния конструкции;
- формирование навыков владения суперкомпьютером как инструментом для проведения расчетов элементов конструкции двигателей летательных аппаратов.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- методы твердотельного моделирования;
- конечно-элементная модель;
- компьютерные программы для решения задач механики.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.8	ИД-1ПК-2.8	Знает методы и подходы к проведению расчетов оценки конструкции двигателей летательных аппаратов от действия различных факторов.	Знает методики и этапность проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов процессов в двигателях летательных аппаратов.	Зачет
ПК-2.8	ИД-2ПК-2.8	Умеет выбирать типы расчётных схем и конечных элементов, наилучшим образом соответствующих целям моделирования.	Умеет проводить газодинамические, тепловые и прочностные расчёты двигателей летательных аппаратов и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования.	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.8	ИД-3ПК-2.8	Владеет навыками выполнения расчетного анализа двигателей летательных аппаратов с использованием численных методов, реализованных в программных средствах, и анализа полученных результатов для принятия технических решений.	Владеет навыками проведения газодинамических, тепловых и прочностных расчётов двигателей летательных аппаратов и их элементов с использованием аналитических и численных методов исследования с применением суперкомпьютерных технологий и анализа полученных результатов для принятия технических решений.	Индивидуальное задание

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	4
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	105	45	60
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	26	16	10
- лабораторные работы (ЛР)	75	27	48
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	147	63	84
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9		9
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	252	108	144

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				
Введение в ANSYS Mechanical	4	7	0	17
<p>Тема 1. Программный комплекс ANSYS. История возникновения ANSYS. Класс задач, решаемых с помощью ANSYS. Графический интерфейс и ядро ANSYS. Процессорные модули ANSYS. Назначение и взаимодействие процессорных модулей. База данных и файлы журналов.</p> <p>Тема 2. Основы работы в ANSYS. Запуск ANSYS в графическом и командном режимах. Сохранение и загрузка базы данных. Работа в графическом интерфейсе. Выбор подмножеств объектов. Просмотр значений внутренних переменных.</p> <p>Тема 3. Последовательность работы и интерфейс. Трансляция CAD геометрии. Начальная панель. Последовательность работы.</p>				
Подготовка расчётной конечно-элементной модели	6	10	0	23
<p>Тема 4. Твердотельное моделирование. Методы построения моделей «снизу вверх» и «сверху вниз». Рабочая плоскость и системы координат. Создание примитивов. Операции над примитивами. Атрибуты объектов и их нумерация.</p> <p>Тема 5. Использование линейных и нелинейных контактов. Обзор взаимодействия элементов геометрии друг с другом. Типы контактных пар. Создание контактных пар. Моделирование шарниров, пружины, точечной сварки, шаровых соединений. Автоматическое определение контактных пар. Подготовка и настройка поверхностей контакта.</p> <p>Тема 6. Использование линейных и нелинейных материалов. Материалы с линейными и нелинейными характеристиками. Зависимость свойств материалов от температуры. Анизотропные, ортотропные материалы.</p> <p>Тема 7. Создание конечно-элементной сетки. Задание размера конечного элемента. Задание сгущение конечно-элементной сетки. Разбиение геометрической модели на конечные элементы. Изменение конечно-элементной сетки модели. Задание поверхностей контакта в контактных задачах. Оптимизация сетки. Построение конечно-элементной сетки в контактных парах.</p> <p>Тема 8. Препроцессинг. Контактные условия. Генерация сетки. Виртуальная топология. Группировка выбранных объектов. Системы координат.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Анализ действия различных факторов на конструкцию двигателей летательных аппаратов в ANSYS	6	10	0	23
Тема 9. Основные этапы решения задачи. Типы анализа для решения инженерных задач в машиностроении (статический, переходный, частотный, устойчивость). Параметры решателя и временные опции. Запуск решения (контроль и устранение ошибок, возникающих на этом этапе). Тема 10. Статический конструкционный анализ. Теоретические основы. Геометрическая модель. Сборка – контакт твердых тел. Нагрузки и закрепление. Опции решателя. Расчетные результаты и постпроцессинг. Расчет напряженно-деформированного состояния труб и переходником конечной длины. Тема 11. Анализ свободных вибраций. Физическая модель свободных колебаний. Последовательность анализа свободных вибраций. Предварительные напряжения.				
ИТОГО по 3-му семестру	16	27	0	63
4-й семестр				
Анализ действия различных факторов на конструкцию двигателей летательных аппаратов в ANSYS	5	24	0	42
Тема 12. Тепловой анализ. Физическая модель стационарной теплопередачи. Физический фильтр. Геометрия. Сборка – контакт твердых тел. Нагрузки. Опции решателя. Расчетные результаты и постпроцессинг.				
Дополнительные возможности ANSYS	5	24	0	42
Тема 14. Оптимизация формы. Основная идея оптимизации. Процедура оптимизации. Геометрия и свойства материалов. Контактные области. Улучшение сетки. Нагружение и закрепление. Запрос расчетных результатов. Опции решателя. Расчет. Просмотр результатов. Тема 15. Программирование в ANSYS. Командный режим работы ANSYS. Основные команды ANSYS (определение типа задачи, задание материалов, выбор и задание свойств конечного элемента, настройка решателя, задание граничных условий, обработка результатов). Язык программирования APDL. Создание и выполнение макросов ANSYS.				
ИТОГО по 4-му семестру	10	48	0	84
ИТОГО по дисциплине	26	75	0	147

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Расчет стержневых конструкций.
2	Применение ANSYS для расчета плоских конструкций.
3	Стационарный расчет оболочечной конструкции под действием высокого давления.
4	Передача газодинамической нагрузки для оценки напряженно-деформированного состояния конструкции бака.
5	Стационарный тепловой анализ многослойной конструкции.
6	Анализ динамического состояния конструкции.
7	Нестационарный расчет напряженно-деформированного состояния конструкции.
8	Определение теплонапряженного состояния конструкции.

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению 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 лабораторным работам 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.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Басов К. А. ANSYS : справочник пользователя. Москва : ДМК Пресс, 2018. 639 с. 52 усл. печ. л.	5
2	Каплун А. Б., Морозов Е. М., Олферьева М. А. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство : [учебное пособие]. Стер. Москва : Либроком, 2015. 269 с. 17 печ. л.	6
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Галлагер Р. Метод конечных элементов. Основы : пер. с англ. Москва : Мир, 1984. 428 с.	19
2	Сегерлинд Л. Д. Применение метода конечных элементов : пер. с англ. Москва : Мир, 1979. 392 с.	12
2.2. Периодические издания		
	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Чигарев А. В., Кравчук А. С., Смалюк А. Ф. ANSYS для инженеров : справочное пособие. Москва : Машиностроение, 2004.	https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2374	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 444632 ЦВВС)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	LS-DYNA (Лицензия PSTU-1353)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	NX 11 (акад. лиц. дог. P/43469-04) каф.МКМК, АКФ
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	Компас-3D V14, ПНИПУ 2013 г.

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Высокопроизводительный вычислительный кластер	1
Лабораторная работа	Компьютеры	12
Лекция	Компьютер	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Проектор	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
**«Суперкомпьютерные технологии проектирования
двигателей летательных аппаратов»**
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки	<u>24.04.05 Двигатели летательных аппаратов</u>
Направленность (профиль) образовательной программы:	<u>Суперкомпьютерные технологии проектирования двигателей летательных аппаратов</u>
Квалификация выпускника:	<u>магистр</u>
Выпускающая кафедра:	<u>Ракетно-космическая техника и энергетические системы</u>
Форма обучения:	<u>очная</u>

Курс: 2

Семестр: 3-4

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 7 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 252 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Зачёт: 3 семестр

Дифф. зачёт: 4 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (3-го и 4-го семестров учебного плана) и разбито на 5 учебных модулей. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный		Итоговый	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР		Дифф. зачёт
Усвоенные знания						
З.1 знать методы и подходы к проведению расчетов оценки конструкции двигателей летательных аппаратов от действия различных факторов		ТО1		КР1-4		ТВ
Освоенные умения						
У.1 уметь выбирать типы расчётных схем и конечных элементов, наилучшим образом соответствующих целям моделирования			ОЛР1-8			ПЗ
Приобретенные владения						
В.1 владеть навыками выполнения расчетного анализа двигателей летательных аппаратов с использованием численных методов, реализованных в программных средствах, и анализа полученных результатов для принятия технических решений			ОЛР1-8			ПЗ

С – собеседование по теме; *ТО* – коллоквиум (теоретический опрос); *КЗ* – кейс-задача (индивидуальное задание); *ОЛР* – отчет по лабораторной работе; *Т/КР* – рубежное тестирование (контрольная работа); *ТВ* – теоретический вопрос; *ПЗ* – практическое задание; *КЗ* – комплексное задание дифференцированного зачета.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль усвоения материала

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме

защиты лабораторных работ и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 8 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 4 рубежных контрольных работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Введение в ANSYS Mechanical», вторая КР – по модулю 2 «Подготовка расчётной конечно-элементной модели», третья КР – по модулю 3 «Анализ действия различных факторов на конструкцию двигателей летательных аппаратов в ANSYS», четвертая КР – по модулю 4 «Дополнительные возможности ANSYS».

Типовые задания первой КР:

1. Привести примеры задач, решаемых с использованием программного комплекса ANSYS, с указанием используемых модулей.
2. Описать последовательность решения задач с применением численных методов.
3. Численные методы применяемые при проектировании двигателей летательных аппаратов.

Типовые задания второй КР:

1. Назвать инструменты, используемые для построения твердотельных моделей. Форматы файлов для хранения твердотельных моделей.
2. Описать основные виды контактов: связанный, без разделения, скольжение, трение, без проскальзывания.
3. Численные методы описания контактного взаимодействия.
4. Моделирование контактов с помощью шарниров.
5. Перечислить и описать показатели качества сеточных моделей. Рекомендуемые диапазоны использования.

Типовые задания третьей КР:

1. Типы инженерных задач, решаемых при проектировании двигателей летательных аппаратов.
2. Перечислить виды прикладываемых нагрузок и закреплений при выполнении анализа прочности конструкции.
3. Методы визуализации результатов численных расчетов.
4. Записать уравнение теплопроводности и пояснить физический смысл материальных констант.
5. Особенности моделирования контактов тел в задачах теплопроводности.

6. Виды тепловых нагрузок при численном моделировании теплопроводности.

Типовые задания четвертой КР:

1. Перечислить достоинства и недостатки параметрической и топологической оптимизации конструкции.

2. Описать процедуру топологической оптимизации элемента конструкции авиационного двигателя.

3. Перечислить основные команды языка ANSYS APDL, используемых при автоматизации численных расчетов.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

**2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу **

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности *всех* заявленных компетенций.

2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Преимущества и недостатки численного моделирования.
2. Назовите типы конечных элементов. Что означает порядок конечного элемента.
3. Назовите причины возникновения ошибок при генерации конечно-элементной сетки.
4. Характеристика прямого и итерационного решателя. Примеры использования в задачах прочности.
5. Оценка адекватности построенной численной модели.

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Выполнить стационарный расчет напряженно-деформированного состояния консольно закрепленной балки.
2. Рассчитать тепловое состояние элемента корпуса насоса и определить тепловые деформации конструкции.
3. Выполнить расчет ферменной конструкции, соединяющей разгонные ступени ракетного двигателя.
4. Провести динамический расчет неуравновешенного ротора и определить перемещения точек на оси вращения вала.

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

Подготовить твердотельную модель детали летательного аппарата. Выполнить построение сеточной модели. Оценить параметры качества построенной сеточной модели. При необходимости выполнить ее доработку. Задать граничные условия и провести стационарный, динамический и тепловой анализ детали. При выполнении расчетов убедиться в достаточности разрешающей способности сеточной модели. Проанализировать полученные результаты. Определить элементы, требующие доработки, и дать рекомендации по улучшению характеристик детали. Результаты работы представить в виде отчета.

2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.