

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

« 16 » февраля 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Твердотельное моделирование конструкций сложной геометрии
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 15.03.05 Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств
(код и наименование направления)

Направленность: Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств (общий профиль, СУОС)
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – развитие способностей по решению задач построения параметрических твердотельных моделей деталей и сборок, включающих сочетание конструкций внешних и внутренних поверхностей стандартных и нестандартных геометрических форм, в том числе сложных криволинейных поверхностей с применением многообразия параметров формообразующих операций современных САД-систем.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение общих основ и подходов применения моделирования как метода проектирования конструкций в инженерной практике;
- изучение общих основ и подходов применения компьютерных геометрических моделей для описания конструктивных параметров изделий, их структуры;
- освоение умений и навыков построения и редактирования трёхмерных параметрических твердотельных моделей деталей и сборочных единиц, представляющих в конструкции совокупность взаимосвязанных стандартных и нестандартных геометрических форм, в том числе сложных криволинейных поверхностей, построенных с использованием пространственных и плоских кривых;
- освоение умений практической работы с трёхмерными твердотельными параметрическими моделями изделий (деталей и сборок) в программном комплексе «SolidWorks» или «Компас 3D» с применением широкого спектра параметров формообразующих операций, вспомогательной трёхмерной геометрии и специальных инструментов САД-модуля;
- освоение начальных умений практической работы с расчётными модулями (CAE-приложениями) на примере расчёта на прочность и жёсткость

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- САД (Computer Aided Design)-технологии автоматизированного проектирования, компьютерные трёхмерные твердотельные модели: принципы и порядок построения, элементы их конструкции, общие принципы формирования и использования;
- технологии применения стандартных и специальных инструментов САД-модулей систем автоматизированного проектирования для моделирования геометрических форм и размеров элементов конструкции деталей;
- CAE (Computer Aided Engineering)-технологии анализа моделей изделий;
- программное обеспечение для работы с трёхмерными поверхностными и твердотельными компьютерными моделями изделий: системы автоматизированного проектирования «SolidWorks» и «Компас 3D»

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
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-12	ИД-1ОПК-12	Знает: – интерфейс приложения «Solidworks» или «Компас 3D», базовые и специальные инструменты построения геометрии конструкций деталей и сборок; – принципы функционирования программного обеспечения для построения трёхмерных твердотельных параметрических моделей изделий (интерфейс приложений, управление процессом создания и редактирования конструкций)	Знает состав и назначение стандартных программных средств, применяемых для решения задач профессиональной деятельности, современные информационные технологии, используемые для обеспечения функционирования машиностроительных предприятий	Экзамен
ОПК-12	ИД-2ОПК-12	Умеет применять систему трёхмерного твердотельного параметрического моделирования «Solidworks» или «Компас 3D» при разработке твердотельных моделей конструкций	Умеет использовать прикладное программное обеспечение и современные информационные технологии при проектировании технологии производства изделий	Отчёт по практическому занятию
ОПК-12	ИД-3ОПК-12	Владеет опытом решения типовых задач разработки конструкций методов и средств геометрического моделирования, пользования инструментальными программными средствами интерактивных систем компьютерного геометрического моделирования, актуальных для современного производства	Владеет навыками применения стандартных программных средств для решения задач профессиональной деятельности	Индивидуальное задание
ОПК-6	ИД-1ОПК-6	Знает: – стандартные методы проектирования машиностроительных	Знает основные задачи профессиональной деятельности специалиста по конструкторско-	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<p>изделий в современных САД-системах и технологии анализа линейных моделей в САЕ-системах (исходные данные, управление процессом расчёта, формы представления и обработки результатов);</p> <p>– средства, алгоритмы и технологии параметризации твердотельных моделей деталей и сборок в современных САД-системах;</p> <p>– функциональное назначение и интерфейс приложения «CosmosXpress» или приложения для анализа конструкций «APM FEM» для «Компас 3D»</p>	<p>технологическому обеспечению машиностроительных производств, методы решения этих задач с помощью информационно-коммуникационных технологий</p>	
ОПК-6	ИД-2ОПК-6	<p>Умеет:</p> <p>– использовать стандартные и специальные методы создания твердотельной параметризованной геометрии изделий;</p> <p>– разрабатывать конструкции изделий – деталей и сборочных единиц – с использованием технологий комплексной параметризации эскизов, иерархической параметризации моделей и распознавания импортированной геометрии;</p> <p>– производить простые расчёты на прочность и жёсткость, используя стандартные встроенные модули – САЕ-приложения современных САПР</p>	<p>Умеет использовать информационно-коммуникационные технологии при решении основных задач профессиональной деятельности</p>	Отчёт по практическом у занятию
ОПК-6	ИД-3ОПК-6	<p>Владеет навыками использования основных (стандартных) методов</p>	<p>Владеет навыками использования информационно-</p>	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		работы на персональных компьютерах с прикладными программными средствами, предназначенными для создания и редактирования трёхмерных твердотельных моделей изделий	коммуникационных технологий при решении профессиональных задач	
ПК-3.1	ИД-1ПК-3.1	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – методы и средства геометрического моделирования технических объектов, предназначенные для сочетания в моделях элементов конструкции заданной произвольной формы и специальной геометрии; – общие основы и подходы применения моделирования как метода проектирования конструкций в инженерной практике; – методы и средства автоматизации твердотельного геометрического моделирования технических объектов, содержащих типовые элементы конструкций и стандартные изделия 	<p>Знает методы проектно-конструкторской работы, закономерности и связи процессов создания машин, подход к формированию множества решений проектной задачи на структурном и конструкторском уровнях, выявления и сравнительной оценки оптимальных вариантов изделий, основы методологии математического моделирования технических систем</p>	Экзамен
ПК-3.1	ИД-2ПК-3.1	<p>Умеет строить твердотельные модели деталей и сборочных единиц, представляющих в конструкции совокупность взаимосвязанных стандартных и нестандартных геометрических форм, поверхностей сложной геометрии и конструкций с особенностями геометрических характеристик</p>	<p>Умеет проектировать и конструировать элементы и системы машин, разрабатывать и обосновывать технические решения, удовлетворяющие требуемым показателям служебного назначения изделий, работать с программными системами, предназначенными для математического моделирования,</p>	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
			анализировать надёжность технически систем, составлять структурные схемы изделий и производств, разрабатывать их математические модели, разрабатывать изделия сложной геометрии с использованием современных систем геометрического моделирования	
ПК-3.1	ИД-3ПК-3.1	Владеет: – навыками применения современных методов проектирования оборудования, инструмента, других средств технологического оснащения с использованием трёхмерного твердотельного параметрического моделирования; – навыками применения технологий разработки конструкций полностью параметризованных моделей изделий сложной формы, содержащих большое число элементов конструкции	Владеет навыками выбора ана-логов и прототипа конструкции, проектирования конструкции, оценки надёжности технических элементов и систем, работы с программными системами математического моделирования, оформления результатов исследования и принятия технических решений, оформления законченных проектно-конструкторских работ	Индивидуальное задание

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		6	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	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	
6-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные представления о CAD/CAM/CAE системах и их месте в процессе моделирования изделий, построение и редактирование параметрических твердотельных моделей деталей	6	0	10	20
<p>Тема 1. Основные понятия и определения теории моделирования и представления о CAD/CAM/CAE системах</p> <p>Введение. Цели и задачи изучения дисциплины. Основные понятия, термины и определения: моделирование и модель, компьютерное моделирование. Требования к моделям и классификация моделей. Виды компьютерных геометрических моделей: каркасные, поверхностные и твердотельные модели. Преимущества твердотельных моделей и элементы геометрии моделей.</p> <p>Автоматизированное проектирование (CAD), автоматизированное производство (CAM), автоматизированное конструирование (CAE). Программное обеспечение САПР: препроцессор, постпроцессор, геометрическое ядро. Графические ядра систем САПР и критерии выбора систем. Лицензируемые ядра, частные ядра и ядра, доступные в исходном коде. Ядра, применяемые в широко известных САПР.</p> <p>Тема 2. Система трёхмерного твердотельного параметрического моделирования SolidWorks и «Компас 3D»</p> <p>Системы «Solidworks» и «Компас 3D» как типичные представители CAD/CAM/CAE систем.</p> <p>Функциональные возможности: построение деталей и сборок, применение как твердотельного, так и поверхностного моделирования. Интерфейс программы: дерево конструирования, менеджеры свойств, конфигурации и анимации, назначение и состав пунктов основного меню, панели инструментов. Система координат. Общий порядок работы: вызов команд, общение системы с пользователем в интерактивном режиме через подсказки и рекомендации в строке состояний. Сервисные функции системы «SolidWorks» или «Компас 3D»</p> <p>Расчёт массовых и инерционных характеристик изделий, определение длин кромок, площадей граней, измерение расстояний между конструктивными элементами в деталях и сборках, проверка пересечений компонентов сборки (оценка “собираемости” изделий).</p> <p>Тема 3. Общие принципы и порядок построения</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
<p>трёхмерных твердотельных моделей деталей, формообразующие операции и особенности их параметров</p> <p>Эскизы и формообразующие операции, термин “Параметрическая модель“. Создание эскизов в системе SolidWorks: вариационная параметризация эскиза с использованием уравнений и параметризация на основе совпадения характерных точек объектов и геометрических характеристик взаимного расположения и размеров. Основная и вспомогательная геометрия эскиза: назначение и различие. Построение трёхмерных эскизов. Панель инструментов “Элементы”, элементы “вытягивания”, “вращения”, “по сечениям” и “по траектории”, “ребро жёсткости”: требования к эскизам, возможные области применения, размеры, начальные и граничные условия. Особенности построения элементов, геометрическое значение параметров операций. Наложённые элементы конструкции: фаски, скругления, уклоны, оболочки, отверстия сложной формы: назначение и методы построения (задания).</p> <p>Тема 4. Построение деталей, состоящих из типовых и конструктивных элементов и элементов конструкции сложной геометрии</p> <p>Основание детали и рекомендации по его выбору. Комбинация типовых (базовых) элементов конструкции для создания трёхмерных твердотельных моделей: использование формообразующих операций для добавления и удаления материала. Иерархическая параметризация детали: сущность и примеры. Построение массивов элементов: использование, виды массивов и способы их задания, зеркальное отражение. Создание производных деталей: возможности построения новых деталей на основе конструкции уже имеющихся моделей. Использование поверхностного моделирования для создания элементов с граничными условиями. Назначение и применение объектов вспомогательной геометрии. Возможности и техника построения деталей с использованием библиотечных элементов. Многоотельные детали, особенности их построения.</p> <p>Построение полностью параметризованных моделей изделий сложной формы, содержащих большое число элементов конструкции, совокупность взаимосвязанных стандартных и нестандартных геометрических форм. Построение геликоидов, внешних и внутренних резьб.</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
<p>Построение и редактирование моделей сборок в САД-системах</p> <p>Тема 5. Моделирование сборок в системе «SolidWorks» или «Компас 3D»</p> <p>“Дерево конструирования” сборки: отображение структуры изделия, уровни компонентов. Типы сборок: “Снизу-вверх”, “Сверху-вниз” и смешанный тип: преимущества и недостатки, целесообразные области использования. Типовой (базовый) инструментарий построения сборок из отдельных деталей (тип “Снизу-вверх”): вставка деталей в сборку, назначение и применение сопряжений, типы сопряжений, фиксация компонентов. Виды сопряжений. Создание массивов компонентов в сборках: типы и техника задания. Возможности применения библиотек стандартных деталей.</p> <p>Тема 6. Типовой (базовый) инструментарий построения сборок «Сверху-вниз»</p> <p>Добавление первой детали в сборку и вставка остальных деталей с использованием для построения их моделей вспомогательной геометрии и элементов конструкции соседних компонентов. Редактирование детали внутри сборочной единицы: операции объединения и вычитания компонентов (создание полостей, проектирование литейной формы). Редактирование состава сборочных единиц, перемещение компонентов между уровнями в “Дереве конструирования”.</p> <p>Возможности применения вариационной параметризации эскизов, параметров операций построения деталей для контекстного редактирования компонентов сборки.</p>	4	0	12	20
<p>Специальные методы создания твердотельной параметризованной геометрии изделий, основы технологий анализа линейных моделей в САЕ-системах (инженерного анализа конструкций)</p>	6	0	14	14
<p>Тема 7. Твердотельное моделирование деталей из листового металла</p> <p>Работа со специализированным модулем проектирования тонкостенных деталей однородной толщины в системе SolidWorks (деталей из листового металла). Построение деталей из листового материала изначально и преобразование обычных деталей в детали из листового материала. Основные элементы конструкции: базовая кромка, разрыв, кромка под углом, ребро-кромка, угол, сгиб, нарисованный сгиб, выступ, каёмка. Конические сгибы, элемент “По сечениям” листового материала; назначение, способы и</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
<p>порядок построения. Операции “инструментов формы” – создание выштамповок (придание произвольной формы неразвёртываемых поверхностей листовому материалу), детали – инструменты формы. Построение развёрток. Построение детали, представляющей комбинацию типовых элементов конструкции листового материала.</p> <p>Тема 8. Экспорт/импорт данных в САД-системах, параметризация импортированной геометрии Общие возможности и особенности обмена информацией между системами САПР. Особенности открытия файлов импортируемых моделей. Работа с файлами форматов *.sat, *.iges, *.x_t. Распознавание импортированной геометрии: модуль параметризации импортированной геометрии FeatureWorks или приложение распознавания 3D элементов системы «Компас 3D»: назначение и общие возможности. Интерактивный и автоматический режимы работы FeatureWorks, основные опции диалогового окна модуля.</p> <p>Тема 9. Основы инженерного анализа и применения CAE-систем Общие задачи инженерного анализа. Структура CAE-систем, интегрированных с пакетом «Solidworks» или «Компас 3D». Интерфейс пользователя, постановка задач и метод конечных элементов. Исходные данные, их состав, форма и содержание результатов расчётов. Основы оптимизации конструкций по данным анализа напряжённо-деформированного состояния. Пример инженерного анализа твердотельной модели.</p>				
ИТОГО по 6-му семестру	16	0	36	54
ИТОГО по дисциплине	16	0	36	54

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Изучение основных формообразующих операций, их особенностей и принципов построения элементов конструкции деталей. Моделирование простых деталей на основе элементов “вытягивания”, “вращения”, “по траектории” и “по сечениям”. Построение отверстий сложной формы. Построение дополнительных элементов конструкции. Построение рёбер жёсткости. Построение пружин

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
2	Построение корпусной детали, состоящей из комбинации типовых элементов конструкции и элементов конструкции сложной геометрии. Построение мас-сивов элементов. Создание производных деталей
3	Создание сборки с использованием готовых деталей (сборка “снизу-вверх”)
4	Создание сборки с использованием процесса построения “сверху-вниз”
5	Моделирование деталей из листового металла
6	Параметризация импортированной геометрии, работа с приложением «FeatureWorks» или с приложением распознавания 3D элементов системы «Компас 3D»
7	Определение параметров напряжённо-деформированного состояния конструкции детали

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Образовательные технологии, необходимые для формирования компонентов компетенций в данной дисциплине, включают традиционные пассивные методы обучения, активные методы обучения и интерактивные методы.

Модель образовательного процесса по данной дисциплине базируется на деятельностном подходе к процессу обучения, т.е. теоретический курс составляет не более 50% аудиторных занятий и основное внимание уделяется освоению студентами программного обеспечения, предназначенного для построения и параметрических моделей при проектировании конструкций объектов новой техники.

Занятия проводятся по разработанному курсу лекций, практических занятий и банку индивидуальных заданий, которые студент обязан выполнить в ходе самостоятельной работы.

Технология: студенты изучают теорию построения твердотельных моделей. Данные знания преподаются совместно с теорией работы с соответствующим программным обеспечением, т.е. представляется интерфейс приложений, порядок их работы и прочие сведения, необходимые для освоения программ в инженерной практике. Одновременно с изложением теоретического материала студенты приступают к практическому освоению программного комплекса «Solidworks» или «Компас 3D».

К пассивным методам обучения относятся лекции, во время которых производится передача основ теоретических знаний от преподавателя студентам, ходом занятий управляет преподаватель, студенты выступают в роли пассивных слушателей, при этом студенты усваивают знания, которые должны составлять основу для формирования умений и навыков работы с соответствующими САД-системами, предназначенными для построения твердотельных моделей изделий.

Все лекции проводятся с использованием компьютера и мультимедийного проектора, что обеспечивает большую наглядность преподаваемого материала.

К активным и интерактивным методам относятся практические занятия и выполнение индивидуальных практических заданий по моделированию заданной геометрии изделий в современных конструкторских САПР. На практических занятиях (активный метод обучения) студенты под руководством преподавателя приобретают умения решать задачи конструкторско-технологической подготовки производства с использованием современного программного обеспечения, осваивают технологию работы в конструкторских САПР. Взаимодействие преподавателя и студентов организуется в форме диалога. Студенты при этом являются активными участниками занятия и при наличии необходимых способностей могут осваивать материал самостоятельно. Таким образом, данный вид занятий является тренингом, в котором основное внимание уделяется практической отработке изучаемого материала, когда в процессе моделирования специально заданных ситуаций обучающиеся имеют возможность развить и

закрепить необходимые знания и навыки, сформировать свое отношение к собственному опыту и применяемым подходам.

К интерактивным формам обучения можно отнести выполнение индивидуальных заданий. Данная форма ориентирована на доминирование активности студентов в процессе обучения. Место преподавателя сводится к направлению деятельности студентов на достижение поставленных целей и ограничивается рекомендациями по технике применения соответствующего программного обеспечения, выбора структуры моделей. Форма заданий для индивидуальной работы предусматривает не только закрепление уже изученного материала, но и изучение нового, поскольку всегда имеется возможность применения разнообразных приёмов и подходов к формированию моделей конкретной геометрии (т.е. студент обучается как стандартным, так и нестандартным приёмам работы с геометрией твердотельных моделей). Данная форма заданий на формирование умений и навыков является сочетанием тренинга и метода “Case-study”, т.е. переход от метода накопления знаний к деятельностному, практико-ориентированному подходу. Цель этого метода – научить студентов анализировать геометрическую информацию (данные о формах и размерах элементов конструкции изделий), выявлять ключевые задачи построения геометрии, рационально выбирать инструменты для их создания в среде современных систем твердотельного параметрического моделирования, оценивать возможности этих инструментов, находить оптимальный вариант использования для создания моделей с адаптивной структурой и размерами геометрии. При анализе конкретных ситуаций (задач построения геометрии) является важным сочетание индивидуальной работы обучающихся с проблемной ситуацией и обсуждения с преподавателем подготовленных предложений. Иногда такие задания могут выполняться в группах по 2 студента (если предлагаемая к созданию или воспроизводству геометрия имеет сложную структуру). В связи со спецификой дисциплины исключена широкая работа в группах (групповое обсуждение возникающих при моделировании геометрии задач).

Контроль уровня сформированности компетенций производится как в процессе обучения в ходе текущего и промежуточного контроля знаний, умений, владений, так и при итоговом контроле в виде экзамена. Текущий контроль производится в форме проверки выполнения заданий практических занятий, для сдачи которых устанавливается график, который обучающиеся обязаны выполнять. При проверке по соблюдению корректности построения моделей контролируется уровень сформированности компетенций. Рубежный контроль производится в форме контрольных работ согласно общего графика учебного процесса. Итоговый контроль включает проверку всех компонентов формируемых компетенций путём проверки знаний в форме устного собеседования (теоретических вопросов экзамена) и умений в форме выполнения практических заданий (контрольных заданий экзамена).

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 заданий практических занятий 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 учебной и 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	Большаков В. П. Твёрдотельное моделирование деталей в САД-системах: AutoCAD, КОМПАС-3D, SolidWorks, Inventor, Creo : учебное пособие для вузов / В. Большаков, А. Бочков, Ю. Лячек. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2015.	12
2	Крюков А. Ю. Компьютерное моделирование изделий в конструкторско-технологической подготовке производства : учебное пособие / А. Ю. Крюков. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013.	25
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Ефремов Г. В. Инженерная и компьютерная графика на базе графических систем : учебное пособие для вузов / Г. В. Ефремов, С. И. Ньюкалова. - Старый Оскол: ТНТ, 2016.	60
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	Ли К. Основы САПР. CAD/CAM/CAE : [пер. с англ.] / К. Ли. - Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2004.	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2396	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Савельев Ю. Ф. Инженерная компьютерная графика. Твёрдотельное моделирование объектов в среде «Компас-3D» : учебное пособие / Савельев Ю. Ф., Симак Н. Ю. - Омск: ОмГУПС, 2017.	https://e.lanbook.com/book/129207	сеть Интернет; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Система трехмерного твердотельного проектирования SolidWorks. Часть I : Сборник упражнений по дисциплине: "Системы автоматизированного проектирования" для бакалавров по направлению подготовки: 15.03.02 «Технологические машины и оборудование». Ч. 1. - Воло	https://e.lanbook.com/book/130878	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Крюков А. Ю. Компьютерное моделирование изделий в конструкторско-технологической подготовке производства : учебное пособие / А. Ю. Крюков. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013.	https://elib.pstu.ru/docview/?fDocumentId=339	сеть Интернет; авторизованный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 8.1 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	SOLIDWORKS Education Edition (дог.№ L271113-83М от 27.10.2013 каф.ПКТЭС 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
Лекция	Персональный компьютер	1
Лекция	Электронный проектор	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	20

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Твердотельное моделирование конструкций сложной геометрии»
Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»
Направленность (профиль) образовательной программы:	Технологии цифрового проектирования и производства в машиностроении
Квалификация выпускника:	Бакалавр
Выпускающая кафедра:	Инновационные технологии машиностроения
Форма обучения:	Очная

Курс: 3

Семестры: 6

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч.

Виды промежуточного контроля:

Экзамен: 6 семестр

Пермь 2020

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

1.1. Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (6-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (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 практическим занятиям и экзамена (6-й семестр). 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		Промежуточный	
		ПЗ	КР	ИЗ		Экзамен
Усвоенные знания						
3.1. интерфейс приложения «Solidworks» или «Компас 3D», базовые и специальные инструменты построения геометрии конструкций деталей и сборок			КР1			ТВ
3.2. принципы функционирования программного обеспечения для построения трёхмерных твердотельных параметрических моделей изделий (интерфейс приложений, управление процессом создания и редактирования конструкций)			КР1			ТВ
3.3. стандартные методы проектирования машиностроительных изделий в современных САД-системах и технологии анализа линейных моделей в САЕ-системах (исходные данные, управление процессом расчёта, формы представления и обработки результатов)			КР1 КР3			ТВ
3.4. средства, алгоритмы и технологии параметризации твердотельных моделей деталей и сборок в современных САД-системах			КР2			ТВ
3.5. функциональное назначение и интерфейс приложения «CosmosXpress» или модуля АРМ_FEM системы «Компас 3D»			КР3			ТВ
3.6. методы и средства геометрического моделирования технических объектов, предназначенные для сочетания в моделях элементов конструкции заданной произвольной формы и специальной геометрии			КР1 КР3			ТВ

3.7. общие основы и подходы применения моделирования как метода проектирования конструкций в инженерной практике			КР1			ТВ
3.8. методы и средства автоматизации твердотельного геометрического моделирования технических объектов, содержащих типовые элементы конструкций и стандартные изделия			КР2 КР3			ТВ
Освоенные умения						
У.1. применять систему трёхмерного твердотельного параметрического моделирования «Solidworks» или «Компас 3D» при разработке твердотельных моделей конструкций		ПЗ1 ПЗ2 ПЗ3 ПЗ4 ПЗ5 ПЗ6	КР1	ИЗ		КЗ
У.2. использовать для решения типовых задач разработки конструкций методы и средства геометрического моделирования, пользоваться инструментальными программными средствами интерактивных систем компьютерного геометрического моделирования, актуальных для современного производства		ПЗ1 ПЗ2 ПЗ3 ПЗ4 ПЗ5 ПЗ6	КР2	ИЗ		КЗ
У.3. использовать стандартные и специальные методы создания твердотельной параметризованной геометрии изделий		ПЗ2 ПЗ3 ПЗ4 ПЗ5 ПЗ7	КР1 КР3	ИЗ		КЗ
У.4. разрабатывать конструкции изделий – деталей и сборочных единиц – с использованием технологий комплексной параметризации эскизов, иерархической параметризации моделей и распознавания импортированной геометрии		ПЗ2 ПЗ3 ПЗ4 ПЗ7	КР1 КР2	ИЗ		КЗ
У.5. производить простые расчёты на прочность и жёсткость, используя стандартные встроенные модули – САЕ-приложения современных САПР		ПЗ8	КР3			КЗ
У.6. строить твердотельные модели деталей и сборочных единиц, представляющих в конструкции совокупность взаимосвязанных стандартных и нестандартных геометрических форм, поверхностей сложной геометрии и конструкций с особенностями геометрических характеристик		ПЗ2 ПЗ3 ПЗ4 ПЗ5 ПЗ6	КР1 КР2	ИЗ		КЗ
Приобретенные владения						
В.1. навыками использования основных (стандартных) методов работы на персональных компьютерах с прикладными программными средствами, предназначенными для создания и редактирования трёхмерных твердотельных моделей изделий				ИЗ		КЗ
В.2. навыками применения современных методов проектирования оборудования, инструмента, других средств технологического оснащения с использованием компьютерной графики и трёхмерного твердотельного параметрического моделирования				ИЗ		КЗ
В.3. навыками применения технологий разработки конструкций полностью параметризованных моделей изделий сложной формы, содержащих большое число элементов конструкции				ИЗ		КЗ

КР – рубежная контрольная работа, ИЗ – индивидуальное задание; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – задание практических занятий; КЗ – комплексное задание экзамена.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом 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 обучаемого 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 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 отчетов по практическим занятиям и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

2.2.1. Защита отчетов по практическим занятиям

Всего запланировано 8 практических занятий. Темы практических занятий и их общее описание приведены в РПД.

Представление отчетов по практическим занятиям проводится индивидуально каждым студентом или группами по 2 человека. Типовые шкалы и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.2.2. Рубежная контрольная работа

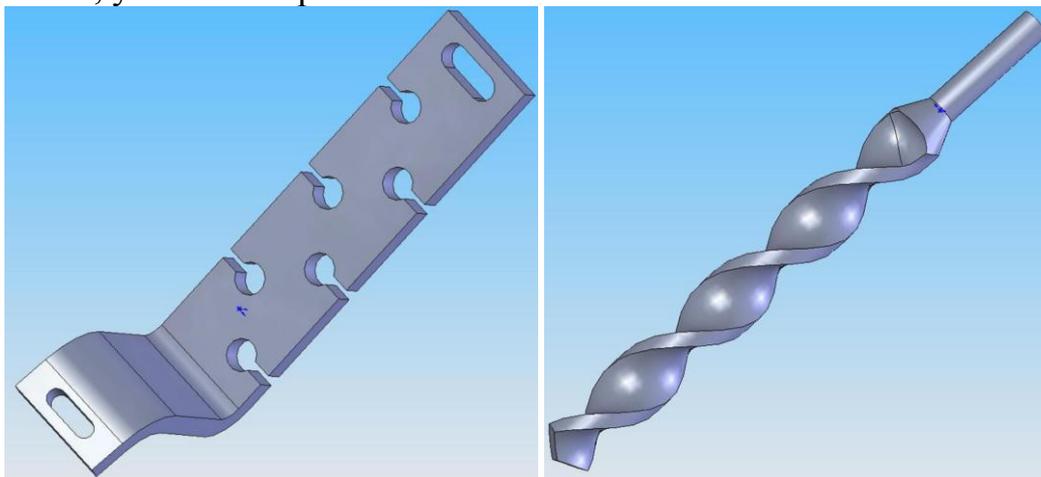
Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР – по модулю 1

«Основные представления о CAD/CAM/CAE системах и их месте в процессе моделирования изделий, построение и редактирование параметрических твердотельных моделей деталей», вторая КР – по модулю 2 «Построение и редактирование моделей сборок в CAD-системах», третья КР – по модулю 3 «Специальные методы создания твердотельной параметризованной геометрии изделий, основы технологий анализа линейных моделей в CAE-системах (инженерного анализа конструкций)».

Типовые задания первой КР:

1. Описать роль компьютерного геометрического моделирования в процессе проектирования технических объектов.

2. Построить трёхмерную параметрическую твердотельную модель детали, представленную на рисунке. Линейные размеры элементов конструкции должны быть кратны 5, угловые – кратны 3.

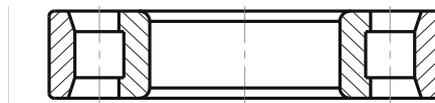


Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС программы бакалавриата.

Типовые задания второй КР:

1. Описать технологию автоматизированного проектирования сборок в современных CAD-системах: описать два вида сборок, перечислить их достоинства и недостатки.

2. Построить модель сборки “снизу-вверх” роликового радиального подшипника.

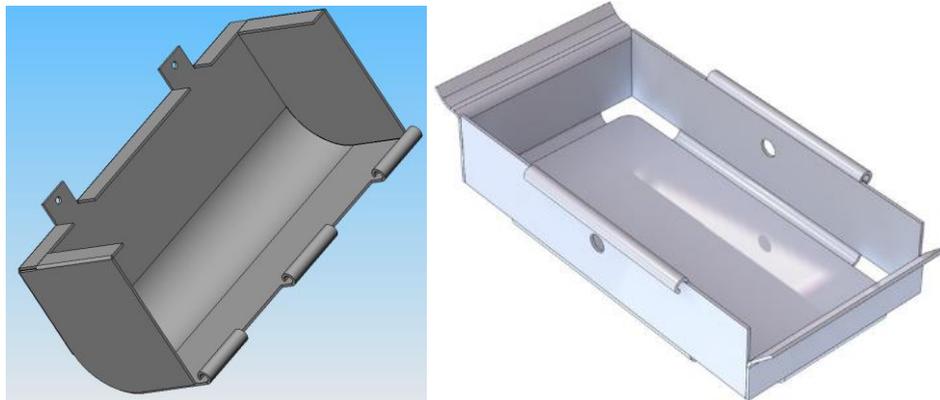


Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС программы бакалавриата.

Типовые задания третьей КР:

1. Описать основные принципы и подходы применения методы конечных элементов для расчёта напряжённо-деформированного состояния конструкции.

2. Построить трёхмерную параметрическую твердотельную модель листовой детали, представленную на рисунке. Линейные размеры элементов конструкции должны быть кратны 5, угловые – кратны 3.



Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежных контрольных работ приведены в общей части ФОС программы бакалавриата.

2.2.4. Выполнение индивидуальных заданий

Индивидуальные задания включают построение моделей изделий и предназначены для комплексного контроля: проверки освоения ЗУВ по нескольким взаимосвязанным темам, принадлежащим разным модулям.

Индивидуальные практические задания предназначены для приобретения умений самостоятельной работы с программным обеспечением построения параметрических твердотельных моделей. Задания выполняются с использованием приложения «SolidWorks» или «Компас 3D». Каждое задание состоит в построении среднего уровня сложности параметрической твердотельной модели детали.

Исходные данные представлены в электронном виде – в форме файлов твердотельных моделей, выполненных в форматах *.sat и *.x_t. Таким образом, при открытии в программе «Solidworks» или «Компас 3D» пользователю доступна модель в виде сплошного твёрдого тела без разделения на формообразующие операции и другие элементы дерева конструирования.

По этим изображениям студент в системе «Solidworks» или «Компас 3D» должен самостоятельно создать электронный конструкторский документ – трёхмерную твердотельную параметрическую модель детали, содержащую необходимые для получения заданной геометрии эскизы и формообразующие операции, вспомогательную пространственную геометрию и средства управления изменением формы и размеров конструкции.

Построение начинается после того, как по проанализированы исходные твёрдые тела, с помощью средств «Solidworks» или «Компас 3D» измерены их геометрические параметры и составлено представление о форме конструкции и возможных параметрических связях твердотельной модели, порядке её построения, структуре. Также с помощью средств «Solidworks» или «Компас 3D» следует измерить все размеры модели.

Основной принцип построения (главный критерий оценки) – легкая управляемость размеров и формы моделей, т.е. максимальный уровень параметризации. Это значит, что модель требуется строить так, чтобы её конструктивные параметры можно было изменить путём редактирования возможно меньшего количества формообразующих операций и эскизов. В идеале любой параметр конструкции должен изменяться за счёт редактирования только одного элемента или эскиза в дереве конструирования.

Выполнение задания производится в течение семестра самостоятельно и на консультациях, защита проводится в форме устного собеседования и одновременной проверки качества исполнения работы. Качество исполнения работы (как часть результата освоения дисциплины) оценивается по степени соответствия построенной модели исходному твёрдому телу и практическим умениям, которые студент демонстрирует в процессе проверки, выполняя задания по обработке построенной модели: управлению формой её геометрии и размерами элементов конструкции.

Фонды индивидуальных заданий представлены в электронном виде (в виде файлов твердотельных моделей), формируются на каждый учебный год преподавателем, их полный перечень хранится на выпускающей кафедре и у преподавателя лично для студентов каждой учебной группы.

2.3. Выполнение заданий практических занятий

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине используются задания практических занятий. Типовые шкала и критерии оценки результатов их выполнения приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Промежуточная аттестация

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.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит 2 теоретических вопроса (ТВ) для проверки усвоенных знаний и 1 комплексное практическое задание (КЗ) для контроля уровня усвоенных умений и приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности *всех* заявленных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

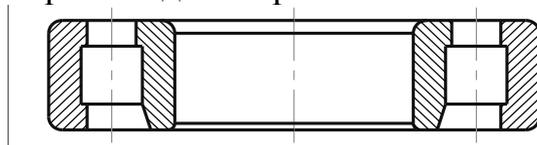
Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Вариационная параметризация эскиза: сформулировать цель параметризации, описать способы параметризации, сущность процесса наложения связей (ограничений) на геометрические объекты, типы ограничений.
2. Что такое иерархическая параметризация модели? Объяснить и представить примеры.
3. Элементы “По сечениям” в системе SolidWorks. Требования к эскизам. Элементы по сечениям с использованием направляющих кривых.
4. Тонкостенные элементы и оболочки: описать процесс создания, а также объяснить, в чём состоит их различие.
5. Массивы элементов конструкции в деталях: типы и способы задания.
6. Что такое основание детали? Сформулируйте правила его выбора.

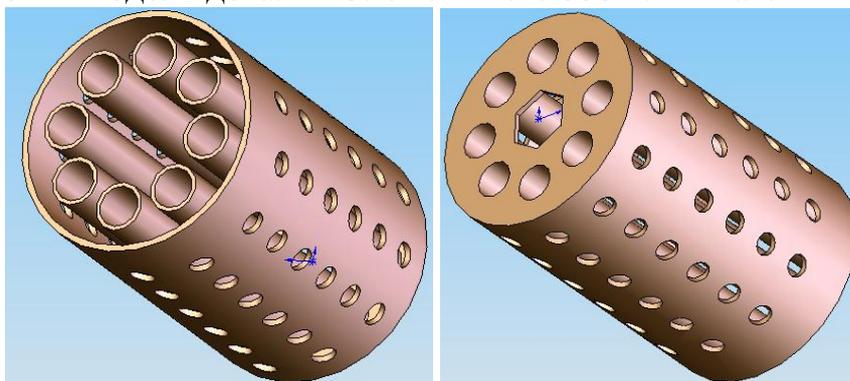
7. Технология автоматизированного проектирования сборок в современных САД-системах: описать два вида сборок, перечислить их достоинства и недостатки.

Типовые комплексные задания для контроля освоенных умений и приобретенных владений:

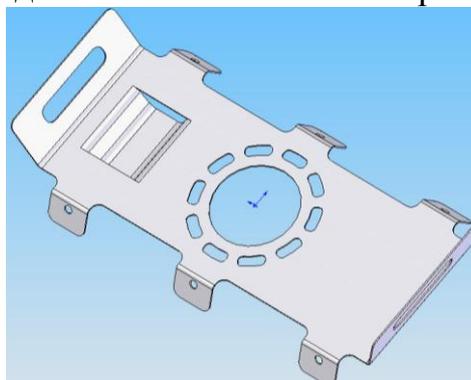
1. Постройте сборку “сверху-вниз” роликового радиального подшипника с возможностью автоматического равенства ширины колец, а также адаптации ширины и диаметра тел качения к ширине и диаметрам дорожек качения. Для начальной конструкции принять диаметр вала 35 мм. Сепаратор можно не строить.



2. Построить модель детали “Элемент теплообменника”.



3. Постройте модель детали из листового материала.



Полный перечень теоретических вопросов и комплексных практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов и Программы экзамена по дисциплине (в которой изложены требования к построению моделей), хранится на выпускающей кафедре.

2.4.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

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

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

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов компетенций

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

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

3.2. Оценка уровня сформированности компетенций

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 экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.