

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

« 03 » апреля 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Прочностной анализ конструкций  
(наименование)

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

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

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

**Направление подготовки:** 15.03.01 Машиностроение  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Машиностроение (общий профиль, СУОС)  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Формирование у студентов теоретических и практических знаний в области применения современного программного обеспечения для выполнения прочностных расчетов изделий машиностроения; развитие системного мышления студентов; ознакомление студентов с возможностями современных CAE-систем

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

– программные системы компьютерного проектирования;  
– программный пакет ANSYS Workbench;  
– методы вычислительной механики и компьютерного инжиниринга

### 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-1.1	ИД-1ПК-1.1	Знает вычислительные методы проведения прочностного анализа конструкций с целью проверки, обоснования, подтверждения конструкторских и технологических решений, отраженных в технической документации	Знает принципы подготовки информационных обзоров, рецензий, отзывов, заключений на техническую документацию	Собеседование
ПК-1.1	ИД-2ПК-1.1	Умеет использовать современные CAE-системы прочностного анализа для проведения научно-исследовательских работ и получения результатов, пригодных для формирования технической документации	Умеет проводить работы по формированию элементов технической документации на основе внедрения результатов научно-исследовательских работ	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.1	ИД-3ПК-1.1	Владеет навыками подготовки и реализации вычислительных экспериментов при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	Владеет навыками разработки проекты календарных планов и программ проведения отдельных элементов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	Отчёт по практическом у занятию

### 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: 1.1. Контактная аудиторная работа, из них:	42	42	
- лекции (Л)	14	14	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	26	26	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	66	66	
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	СРС
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
Введение в механику деформируемого твердого тела	4	0	0	22
Тема 1.1 Теория напряжений. Поведение материала под нагрузкой. Внутренние напряжения. Тензор напряжений. Дифференциальные уравнения равновесия в разных системах координат. Симметрия тензора напряжений. Главные напряжения и главные направления. Инварианты. Тема 1.2 Теория деформаций. Понятие деформации. Тензор больших и малых деформаций. Геометрические соотношения разных системах координат. Тема 1.3 Физические соотношения. Диаграмма нагружения. Физические эффекты в материале. Учет температурных деформаций. Модели материалов. Постановка задачи МДГТ. Тема 1.4 Основы метода конечных элементов. Аппроксимация и интерполяция функций. Понятие конечного элемента. Узловые неизвестные. Функции формы. Виды конечных элементов. Методика решения задач с использованием МКЭ.				
Системы автоматизированного проектирования	6	0	18	34
Тема 2.1 Принципы современного компьютерного моделирования. Определение проектирования технических систем. Терминология. Декомпозиция технической системы. Нисходящее и восходящее проектирование. Особенности составления математической модели рассматриваемого объекта, процесса, явления. Принципы построения компьютерных моделей. Выбор расчетных схем и методов решения. Численная дискретизация модели. Тема 2.2 CAD/CAM-системы в инженерном деле. Определение CAD/CAM технологий, их место в проектировании и производстве изделий. 2D- и 3D-моделирование. Тема 2.3 CAE-системы проведения прикладных расчетов. Назначение CAE-систем. Их место в проектировании и производстве изделий. Сферы применения CAE-систем. Примеры. Перспективы развития CAE-технологий. Структура CAE-систем. Тема 2.4 Основы применения прикладного инженерного программного комплекса «ANSYS Workbench». Идеология работы в пакете, основные приемы. Модули ANSYS Workbench. Проведение типовых механических расчетов				
Прикладные задачи проектирования и анализа	4	0	8	10
Тема 3.1 Оптимизация изделий с использованием CAE-систем Тема 3.2 Динамика твердых тел				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
ИТОГО по 6-му семестру	14	0	26	66
ИТОГО по дисциплине	14	0	26	66

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Графический интерфейс пакета ANSYS Workbench
2	Графический модули DesignModeler и SpaceClaim пакета ANSYS Workbench
3	Создание объемных моделей в ANSYS
4	Управление материалами и их свойствами в пакете ANSYS Workbench
5	Принципы и методы генерации конечно-элементной сетки в пакете ANSYS Workbench
6	Нагрузки и граничные условия в ANSYS Workbench. Конечно-элементный расчет и постпроцессинг
7	Инструменты оптимизации в ANSYS Workbench
8	Моделирование взаимодействия абсолютно жестких тел в Workbench

## 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.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

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 практическим занятиям, 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
<b>1. Основная литература</b>		
1	Основы механики твёрдых сред. - Москва: , Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. - (Механика сплошной среды : учебное пособие для вузов : в 4 т.; Т. 4).	10
2	Шингель Л. П. Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1 : учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	25
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Чигарев А. В. ANSYS для инженеров : справочное пособие / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. - Москва: Машиностроение, 2004.	44
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	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	ANSYS для инженеров : справочное пособие / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк. - Москва: Машиностроение, 2004.	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib2374">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib2374</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Основы механики твёрдых сред. - Москва: , Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. - (Механика сплошной среды : учебное пособие для вузов : в 4 т.; Т. 4)	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks169375">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks169375</a>	локальная сеть; авторизованный доступ
Основная литература	Системы автоматизированного проектирования. Решение задач прочностного анализа с использованием пакета программ ANSYS 12.1 : учебно-методическое пособие / Л. П. Шингель. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	<a href="http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3714">http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPNRPUelib3714</a>	локальная сеть; авторизованный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978 )
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	NX Academic Perpetual License Core +CAD +CAE +CAM (договор №P/43469-02-ПНИПУ от 03.12.2015)

## 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	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	<a href="http://www.diss.rsl.ru/">http://www.diss.rsl.ru/</a>
Информационно-справочная система нормативно-технической документации "Техэксперт: нормы, правила, стандарты и законодательства России"	<a href="https://техэксперт.сайт/">https://техэксперт.сайт/</a>

## **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	мультимедиа-проектор	1
Лекция	ноутбук или компьютер	1
Лекция	экран настенный	1
Практическое занятие	Доска маркерная	1
Практическое занятие	компьютер	15
Практическое занятие	мультимедиа-проектор	1
Практическое занятие	экран настенный	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»**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Прочностной анализ конструкций»**

основной профессиональной образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

***Приложение к рабочей программе дисциплины***

<b>Направление подготовки:</b>	15.03.01 Машиностроение
<b>Направленность (профиль) образовательной программы:</b>	Автоматизированное оборудование и инструмент бережливых производств машиностроения
<b>Квалификация выпускника:</b>	Бакалавр
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Инновационные технологии машиностроения
<b>Форма обучения:</b>	Очная
<b>Курс:</b> 3 <b>Семестр:</b> 6	
<b>Трудоёмкость:</b>	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч.
<b>Виды промежуточного контроля:</b>	
Экзамен:	6 семестр

Пермь 2020

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Прочностной анализ конструкций» и разработан на основании:

- положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ, утвержденного «29» апреля 2014 г.;
- приказа ПНИПУ от 03.12.2015 № 3363-В «О введении структуры ФОС»; рабочей программы дисциплины «Прочностной анализ конструкций», утвержденной 24 ноября 2020 г.

## 1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

### 1.1. Формируемые части компетенций

Согласно КМВ ОПОП учебная дисциплина «Прочностной анализ конструкций» участвует в формировании компетенции:

**ПК-1.1** Способен подготавливать элементы документации, проектов планов и программ проведения отдельных этапов работ.

### 1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (6-го семестра базового учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля. В модулях предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных 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, защите практических работ использованием созданных отчетов и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля			
	*ТТ	КР	ПЗ	Экзамен
<b>Знает:</b>				
вычислительные методы проведения прочностного анализа конструкций с целью проверки, обоснования, подтверждения конструкторских и технологических решений, отраженных в технической документации	+	+		+
<b>Умеет:</b>				
использовать современные САЕ-системы прочностного анализа для проведения			+	+

научно-исследовательских работ получения результатов, пригодных для формирования технической документации				
<b>Владеет:</b>				
навыками подготовки и реализации вычислительных экспериментов при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	+		+	+

\*ТТ – собеседование или текущее тестирование (контроль знаний по теме);

КР – рубежная контрольная работа по модулю (оценка умений);

ПЗ – выполнение практических заданий с подготовкой отчёта (оценка владения).

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

### 2.1. Текущий контроль

Текущий контроль для оценивания знаниевого компонента дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) 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 дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графика учебного процесса в форме защиты практических работ, контрольной работы.

#### 2.2.1. Защита практических работ

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

Защита практической работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Шкала и критерии оценки приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Критерии и шкала оценивания уровня освоения дисциплинарных компетенций на практической работе

Балл за		Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения дисциплинарных компетенций после изучения учебного материала
знания	умения		

Балл за		Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения дисциплинарных компетенций после изучения учебного материала
знания	умения		
5	5	Максимальный уровень	<i>Задание выполнено в полном объеме. Студент точно ответил на контрольные вопросы, свободно ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи.</i>
4	4	Средний уровень	<i>Задание выполнено в полном объеме. Студент ответил на теоретические вопросы, испытывая небольшие затруднения.</i>
3	3	Минимальный уровень	<i>Студент представил решения большинства заданий, предусмотренных в работе. Студент не может полностью объяснить полученные результаты.</i>
2	2	Минимальный уровень не достигнут	<i>Студент не выполнил задания работы и не может объяснить полученные результаты.</i>

Результаты защиты практических работ по 4-балльной шкале оценивания знаний и умений заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2.2. Контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 2 контрольных работы (КР). Тематика контрольных работ:

Модуль 1

1. Введение в МДТТ. Системы автоматизированного проектирования.

Модуль 2

2. Прикладные задачи проектирования и анализа

### **2.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине**

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

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, комплексные задания (КЗ) для проверки усвоенных умений и владений.

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

Билет содержит три вопроса.

### **2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине**

#### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Математические модели. Типы моделей. Сферы применения. Примеры
2. Требования к математическим моделям. Примеры
3. Охарактеризуйте принципы построения компьютерных моделей.
4. Задачи проектирования, типы проектирования, стили проектирования, этапы проектирования сложных систем. Общие подходы. Достоинства и недостатки различных подходов. Примеры.
5. САД-системы: назначение и основной функционал, области применения. Классификация систем.
6. САМ-системы: назначение и основной функционал, области применения. Классификация систем.
7. САЕ-системы: назначение и основной функционал, области применения. Классификация систем.
8. Охарактеризуйте сферы применения САЕ-систем с примерами.
9. Типовая организация вычислительного процесса в САЕ-системах.
10. Направления перспективного развития САЕ-систем.
11. Требования к САПР. Прикладные вопросы выбора САПР.
12. Автоматизация конструкторско-технологических процессов. Достоинства подхода и слабые стороны.
13. Сквозное проектирование на основе 3D-моделей. Проблемы интеграции САХ-систем.
14. Системы управления жизненным циклом изделия. PLM-системы. Назначение, функционал, примеры применения.
15. Этапы развития вычислительной техники. Методы повышения производительности, скорости вычислений.
16. Параллельная обработка данных на ЭВМ. Вычислительные системы с общей и распределенной памятью. Слабые, критические места при использовании НРС (высокопроизводительных вычислений).
17. Компоненты НРС. Центральный процессор, оперативная память: основные характеристики.
18. Компоненты НРС. Система хранения данных: HDD, SDD, RAID – назначение, основные характеристики.
19. Компоненты НРС. Вычисления на графических ускорителях.
20. Высокопроизводительные вычисления. Кластеры и GRID-системы.
21. Цифровые двойники изделий и технологических процессов.

#### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных умений и владений:**

##### **Комплексное задание. Вариант №1**

Необходимо оценить прочность кронштейна №1 створки капота авиационного газотурбинного двигателя (нумерация и расположение всех кронштейнов показаны на схеме, выдаваемой преподавателем). Определить, выдерживает ли изготовленный из известного материала кронштейн эксплуатационные нагрузки

надвух заданных режимах. Если не выдерживает, то предложить рациональный вариант доработки кронштейна смена материала, изменение конструкции).(

Исходные данные:

- САД-модель детали (выдается преподавателем в электронном виде).
- Нагрузки для расчета статической прочности кронштейна.

*Полетный режим №1:  $F_x=-150$  кгс,  $F_y=-553$  кгс,  $F_z=12$  кгс.*

*Полетный режим №2:  $F_x=-265$  кгс,  $F_y=-612$  кгс,  $F_z=-52$  кгс.*

*Усилия приведены в месте расположения оси кронштейна, направление компонент сил соответствует направлению осей цилиндрической системы координат, расположенной в центре створок капота.*

- Требования по прочности.

*Детали должны выдерживать максимальные эксплуатационные нагрузки. Напряжения в деталях не должны превышать заданную величину (задается в соответствии с материалом кронштейна). Детали должны выдерживать расчетные нагрузки (это эксплуатационные нагрузки, умноженные на коэффициенты безопасности). Принять дополнительный коэффициент безопасности 1,5 (то есть все нагрузки должны быть умножены на 1,5).*

*Полный перечень теоретических вопросов и практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Шкала и критерии оценки результатов обучения для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в таблицах 2.4 и 2.5.

Таблица 2.4. Шкала оценивания уровня знаний

<b>Балл</b>	<b>Уровень усвоения</b>	<b>Критерии оценивания уровня усвоенных знаний</b>
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно ответил на теоретические вопросы. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент ответил на теоретические вопросы с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент ответил на теоретические вопросы с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При ответе на теоретические вопросы студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний.</i>

Таблица 2.5. Шкала оценивания уровня умений и владений

Балл	Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоенных умений
5	Максимальный уровень	<i>Студент правильно выполнил комплексное задание. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала, отличные владения навыками полученных знаний и умений при решении профессиональных задач. Ответил на все дополнительные вопросы.</i>
4	Средний уровень	<i>Студент выполнил комплексное задание с небольшими неточностями. Показал хорошие умения, хорошие владения навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</i>
3	Минимальный уровень	<i>Студент выполнил комплексное задание с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения, удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</i>
2	Минимальный уровень не достигнут	<i>При выполнении комплексного задания студент продемонстрировал недостаточный уровень умений, недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</i>

### 3. Критерии оценивания уровня сформированности дисциплинарных компетенций

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

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных 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 программы бакалавра.

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

---

Приложение 1. Пример билета для экзамена

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГАОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

**15.03.01 Машиностроение**  
*Кафедра «Инновационные технологии*  
*машиностроения»*  
**Дисциплина «Прочностной анализ**  
**конструкций»**

Билет № \_\_\_\_

1. Требования к математическим моделям. Примеры моделей.
2. Сквозное проектирование на основе 3D-моделей. Проблемы интеграции САХ-систем.
3. Комплексное задание. Вариант №1.

Составитель \_\_\_\_\_  
(подпись)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.В. Карманов  
(подпись)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.