



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.
Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИММиМ
А.С. Савинов

05.02.2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

***ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ
КОНСТРУКЦИЙ***

Направление подготовки (специальность)
22.04.02 Metallurgy

Направленность (профиль/специализация) программы
Искусственный интеллект в металлургии

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материаловедения
Кафедра	Литейных процессов и материаловедения
Курс	2
Семестр	3

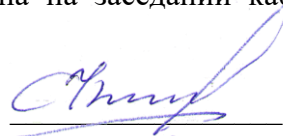
Магнитогорск
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 22.04.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 г. № 308)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

22.01.2026, протокол № 4

Зав. кафедрой

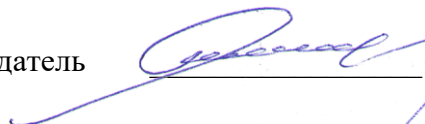


Н.А. Феоктистов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

05.02.2026 г. протокол № 5

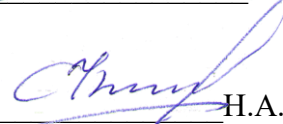
Председатель



А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

зав. кафедрой кафедры ЛПИМ, канд. техн. наук



Н.А. Феоктистов

Рецензент:

доцент кафедры ПЭиБЖД, канд. техн. наук



А.Ю. Перятинский

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Н.А. Феоктистов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ Н.А. Феоктистов

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Цель: формирование у студентов комплекса знаний, умений и навыков направленных на топологическую оптимизацию деталей и узлов промышленного оборудования с учетом их функционального назначения, условий эксплуатации, материалоемкости, технологии и трудоемкости их изготовления. Задачи: -изучить основные факторы определяющие конструктивный облик изделия, критерии оптимизации; - изучить методы топологической оптимизации деталей и узлов промышленного оборудования; - ознакомиться с основными программными продуктами реализующими методы топологической оптимизации; - на практике освоить технологию топологической оптимизации деталей и узлов промышленного оборудования.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Топологическая оптимизация элементов конструкций входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Основы прочностного расчета в литейном производстве

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Топологическая оптимизация элементов конструкций» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-4	Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
ОПК-4.1	Знает: как производить поиск, анализ и синтез информации для разработки и принятия решений при проведении научных исследований и осуществления профессиональной деятельности в области металлургии и металлообработки; методы использования информации для подготовки и принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности
ОПК-4.2	Умеет: использовать профессиональные знания для сравнения, классификации и преобразования информации, необходимой для совершенствования основных и вспомогательных операций технологических процессов производства металлопродукции широкого назначения; самостоятельно искать, анализировать и отбирать необходимую информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее
ОПК-4.3	Имеет практический опыт: применять существующие методологические подходы для структурирования, систематизации, хранения и передачи информации, требуемой для решения широкого спектра задач в практической деятельности; принятия решений по оптимизации элементов конструкций

2.1 Топологическая оптимизация: терминология, основные концепции, основные методы (Level-Set, ESO/BESO, SIMP). Методы ESO/BESO, особенности реализации, ограничения	3	4				Основная литература 1-5. Дополнительная литература 1-6	Устный опрос/ тестирование	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
2.2 Топологическая оптимизация: методы Level-Set, особенности реализации, ограничения		2				Основная литература 1-5. Дополнительная литература 1-6	Устный опрос/ тестирование	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
2.3 Топологическая оптимизация: методы SIMP, особенности реализации, ограничения		2				Основная литература 1-5. Дополнительная литература 1-6	Устный опрос/ тестирование	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
2.4 Топологическая оптимизация: сравнительная характеристика основных методов				2,5		Основная литература 1-3. Дополнительная литература 1-5	Контрольные вопросы к разделу 2	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
Итого по разделу		8		2,5				
3. Основные программные решения для топологической оптимизации элементов конструкций								
3.1 Обзор основных программных продуктов для топологической оптимизации элементов конструкций. Примеры типовых задач топологической оптимизации	3	2				Основная литература 1-5. Дополнительная литература 1-6	Устный опрос/ тестирование	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
3.2 Топологическая оптимизация детали типа тонкостенный сосуд нагруженный внутренним давлением и осевой силой: подготовка геометрии, постановка задачи топологической оптимизации, постобработка результатов.				6		Основная литература 1-5. Дополнительная литература 1-6	Устный опрос/ тестирование	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
3.3 Порядок подготовки исходных моделей, постановки и решения задач топологической оптимизации, финальной обработки результатов топологической оптимизации		2				Основная литература 1-5. Дополнительная литература 1-6	Устный опрос/ тестирование	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
3.4 Топологическая оптимизация нагруженной детали типа кронштейн: подготовка геометрии, постановка задачи				6		Основная литература 1-5. Дополнительная литература 1-6	Контрольные вопросы к разделу 3	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3

топологической оптимизации, постобработка результатов.								
3.5 Семестровое задание. Проектирование и оптимизация конструкции технологической машины.	3			14,95	Основная литература 1-5. Дополнительная литература 1-11		ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3	
3.6 Промежуточная аттестация					Основная литература 1-5. Дополнительная литература 1-11	Зачет	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3	
Итого по разделу		4		12	24,95			
Итого за семестр		19		19	22,95	зачёт		
Итого по дисциплине		19		19	32,95	зачет		

5 Образовательные технологии

Для усвоения студентами знаний по дисциплине «Топологическая оптимизация элементов конструкции» применяются традиционная и компетентностно-модульная технологии обучения, включающие в себя объяснения преподавателя на лекциях, самостоятельную работу с учебной и справочной литературой по дисциплине, выполнение практических работ и т.д.

В качестве интерактивных методов обучения используются:

- опережающая самостоятельная работа и работа в команде при выполнении практических работ;
- проблемное обучение при поиске информационных источников.

Самостоятельная работа студентов направлена на закрепление теоретического материала, изложенного преподавателем, на проработку тем, отведенных на самостоятельное изучение, на подготовку к практическим занятиям, рейтинговым контролям и устному опросу, а также подготовку к экзамену по дисциплине.

Текущий контроль по дисциплине осуществляется на практических занятиях при выполнении индивидуальных заданий, выданных преподавателем.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) **а) Основная литература:**

1. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин [Текст] учеб. пособие для техн. специальностей вузов П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. - 6-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 2000. - 446, [1] с. ил.

2. Орлов, П. И. Основы конструирования [Текст] Кн. 1 в 2 кн. П. И. Орлов ; под ред. П. Н. Учаева. - 3-е изд., испр. - М.: Машиностроение, 1988. - 559 с. ил.

3. Лесин, В. В. Основы методов оптимизации : учебное пособие / В. В. Лесин, Ю. П. Лисовец. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 344 с. — ISBN 978-5-8114-1217-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/86017> (дата обращения: 20.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. Пояркова, Е.В. Механика материалов и основы конструирования : учебное пособие / Е.В. Пояркова, Л.С. Диньмухаметова. — 2-е изд. — Москва : ФЛИНТА, 2017. — 276 с. — ISBN 978-5-9765-3385-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/97104> (дата обращения: 20.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Должиков, В. П. Технологии наукоемких машиностроительных производств : учебное пособие / В. П. Должиков. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-2393-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168969> (дата обращения: 20.01.2026). — Режим доступа: для авториз. Пользователей.

3. Гини, Э. Ч. Специальные технологии литья : учебное пособие / Э. Ч. Гини, А.М. Зарубин, В. А. Рыбкин. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2010. — 367 с. — ISBN 978-5-7038-3383-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106438> (дата обращения: 20.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

Представлены в Приложении 3

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно
АСКОН Компас	Д-1082-22 от 01.12.2022	бессрочно
FlowVision	К-93-09 от 19.06.2009	бессрочно
Delkam ArtCAM Pro 2011	К-308-12 от 19.11.2012	бессрочно
Delkam PowerMill Pro 2012	К-308-12 от 19.11.2012	бессрочно
Delkam Power Shape 2012	К-308-12 от 19.11.2012	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL:https://elibrary.ru/project_risc.asp
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://host.megaprolib.net/MP0109/Web

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
 - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
 - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена:
 - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
 - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
 - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - специализированной мебелью.
4. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
 - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
 - специализированной мебелью.
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
 - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
 - инструментами для ремонта учебного оборудования;
 - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Топологическая оптимизация элементов конструкций» предусмотрено выполнение практических и аудиторных самостоятельных работ обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение индивидуального задания, выданного преподавателем, на практических занятиях.

Методические указания по подготовке к тестированию.

Успешное выполнение тестовых заданий является необходимым условием итоговой положительной оценки в соответствии с рейтинговой системой обучения. Выполнение тестовых заданий предоставляет студентам возможность самостоятельно контролировать уровень своих знаний, обнаруживать пробелы в знаниях и принимать меры по их ликвидации. Форма изложения тестовых заданий позволяет закрепить и восстановить в памяти пройденный материал. Предлагаемые тестовые задания охватывают узловые вопросы теоретических и практических основ по дисциплине. Для формирования заданий использована закрытая форма. У студента есть возможность выбора правильного ответа или нескольких правильных ответов из числа предложенных вариантов. Для выполнения тестовых заданий студенты должны изучить лекционный материал по теме, соответствующие разделы учебников, учебных пособий и других литературных источников. Контрольные тестовые задания выполняются студентами на практических занятиях. Репетиционные тестовые задания содержатся в рабочей учебной программе дисциплины. С ними целесообразно ознакомиться при подготовке к тестированию.

Для успешного освоения дисциплины студентам рекомендуется:

- ознакомиться с графиком учебного процесса по дисциплине (календарный план аудиторных занятий и план-график самостоятельной работы);
- активно использовать указанные в программе электронные учебные и методические пособия, разработанные на кафедре, ресурсы электронной библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова и других университетов, ресурсы Интернет;
- вырабатывать и совершенствовать умение конспектировать, систематизировать, обобщать изученный материал, выделять сложные вопросы, требующие дополнительной подготовки, составлять предварительный план самостоятельной работы. В случае затруднения в понимании отдельных вопросов необходимо обратиться за консультацией к ведущему преподавателю;
- при подготовке к практическим занятиям внимательно изучать теоретический материал и не пропускать лекционные занятия;
- при подготовке к лекционным занятиям рекомендуется просматривать материал предыдущих лекций и не пропускать лекционные занятия;
- при изучении методики расчетов целесообразно рассматривать примеры расчетов, приведенных в лекциях и литературе. В случае пропуска занятий не затягивать выполнение запланированных контрольных мероприятий по дисциплине, при необходимости отрабатывать учебный материал в указанное преподавателем время

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-4 Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности		
ОПК-4.1	<p>Знает: как производить поиск, анализ и синтез информации для разработки и принятия решений при проведении научных исследований и осуществления профессиональной деятельности в области металлургии и металлообработки; методы использования информации для подготовки и принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности</p>	<p>Теоретические вопросы к зачету (для устного опроса или тестирования):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные подходы к разработке конструкции изделия. Цели и задачи процесса конструирования. 2. Основные факторы, определяющие конструктивный облик изделия. Основные направления совершенствования конструкций деталей и узлов промышленного оборудования. 3. Инженерные расчеты при определении конструктивного облика деталей и узлов промышленного оборудования. Основные расчетные зависимости. 4. Перечислите основные технологии изготовления деталей и узлов промышленного оборудования. Укажите ключевые особенности конструкций деталей и узлов схожего функционального назначения, изготовленных различными способами. 5. Цели и задачи оптимизации конструкции изделий, критерии оптимизации. 6. Топологическая оптимизация. Предметная область. Цели и задачи. 7. Перечислите основные методы и проведите их сравнительную оценку. 8. Методы ESO/BESO: математическая формулировка, особенности реализации, ограничения.
ОПК-4.2	<p>Умеет: использовать профессиональные знания для</p>	<p>Перечень примерных практических заданий:</p>

	<p>сравнения, классификации и преобразования информации, необходимой для совершенствования основных и вспомогательных операций технологических процессов производства металлопродукции широкого назначения; самостоятельно искать, анализировать и отбирать необходимую информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. В рамках магистерской ВКР выбрать узел или деталь по согласованию с дипломным руководителем. 2. Провести анализ условий эксплуатации узла, типичные проблемы и определить пути совершенствования конструкции выбранного изделия. 3. Создать 3D модель узла. Провести общее улучшение конструкции исходя из практических соображений. 4. Выбрать наиболее нагруженную деталь и провести её топологическую оптимизацию. 5. Провести постобработку результатов топологической оптимизации. 6. Предложить варианты технологии изготовления оптимизированной детали.
<p>ОПК-4.3</p>	<p>Имеет практический опыт: применять существующие методологические подходы для структурирования, систематизации, хранения и передачи информации, требуемой для решения широкого спектра задач в практической деятельности; принятия решений по оптимизации элементов конструкций</p>	<p>Теоретические вопросы к зачету (для устного опроса или тестирования):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Основные программные решения для топологической оптимизации элементов конструкций. Сравнительная оценка. 2. Порядок подготовки исходной модели. Требования к исходной модели. 3. Постановка задачи топологической оптимизации. Основные этапы. 4. Постобработка результатов топологической оптимизации. Цели и задачи. 5. Примеры решения задач топологической оптимизации (исходная формулировка, методы, программные продукты, уровень результата). 6. Методы Level-Set: математическая формулировка, особенности реализации, ограничения. 7. Методы SIMP: математическая формулировка, особенности реализации, ограничения.

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Топологическая оптимизация элементов конструкций» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений. Обязательно участие в семинаре.

Зачет по данной дисциплине может проводиться в устной форме, которая включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание, либо в виде тестов, на усмотрение преподавателя.

Форма проведения зачета (устная либо в виде тестирования) должна быть одинаковой для всех обучающихся в группе.

В случае спорной ситуации между обучающимся и преподавателем, принимающим промежуточную аттестацию, заведующий кафедрой может по заявлению обучающегося назначить комиссионную сдачу зачета по тестированию, утвержденному заседанием кафедры.

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

Контрольные вопросы к разделу (для устного опроса или дистанционной формы) 1. Контрольные вопросы к разделу включают в себя 5 вопросов, каждый оценивается максимум в 20 баллов. Критерии оценивания ответа на вопрос: 0 баллов - нет ответа на вопрос 5 баллов - ответ на вопрос дан частично, имеются логические и фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, отсутствует критическая оценка данных, нет примеров. 10 баллов - ответ на вопрос дан полностью, но есть логические или фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, имеется критическая оценка известным данным, приведены примеры. 15 баллов - ответ на вопрос дан полностью, но есть незначительные неточности, ответ опирается только на русскоязычные источники информации, в том числе материалы лекции, даны ссылки на использованные источники информации, есть критическая оценка известных данных, приведены примеры. 20 баллов - дан исчерпывающий ответ на вопрос, информация взята из нескольких источников, в том числе на иностранном языке, приведены ссылки на источники информации, проведена критическая оценка известных данных, приведены примеры.

Контрольные вопросы к разделу 2 (для устного опроса или дистанционной формы). Контрольные вопросы к разделу включают в себя 5 вопросов, каждый оценивается максимум в 20 баллов. Критерии оценивания ответа на вопрос: 0 баллов - нет ответа на вопрос 5 баллов - ответ на вопрос дан частично, имеются логические и фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, отсутствует критическая оценка данных, нет примеров. 10 баллов - ответ на вопрос дан полностью, но есть логические или фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, имеется критическая оценка известным данным, приведены примеры. 15 баллов - ответ на вопрос дан полностью, но есть незначительные неточности, ответ опирается только на русскоязычные источники информации, в том числе материалы лекции, даны ссылки на использованные источники информации, есть критическая оценка известных данных, приведены примеры. 20 баллов - дан исчерпывающий ответ на вопрос, информация взята из нескольких

источников, в том числе на иностранном языке, приведены ссылки на источники информации, проведена критическая оценка известных данных, приведены примеры.

Контрольные вопросы к разделу 3 (для устного опроса или дистанционной формы).
Контрольные вопросы к разделу включают в себя 5 вопросов, каждый оценивается максимум в 20 баллов. Критерии оценивания ответа на вопрос: 0 баллов - нет ответа на вопрос 5 баллов - ответ на вопрос дан частично, имеются логические и фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, отсутствует критическая оценка данных, нет примеров. 10 баллов - ответ на вопрос дан полностью, но есть логические или фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, имеется критическая оценка известным данным, приведены примеры. 15 баллов - ответ на вопрос дан полностью, но есть незначительные неточности, ответ опирается только на русскоязычные источники информации, в том числе материалы лекции, даны ссылки на использованные источники информации, есть критическая оценка известных данных, приведены примеры. 20 баллов - дан исчерпывающий ответ на вопрос, информация взята из нескольких источников, в том числе на иностранном языке, приведены ссылки на источники информации, проведена критическая оценка известных данных, приведены примеры.

Семинар: Конструктивный облик изделия: влияние технологий. Выступление с докладом на семинаре - максимум 40 баллов. Вопросы к докладчикам - максимум 30 баллов Участие в дискуссии - максимум 30 баллов.

Требования к выступлению:

1. Доклад должен быть структурирован. В докладе должно быть полностью раскрыто основное содержание темы. Дана краткая характеристика технологии. Приведены примеры реализации технологии. Формализованы требования к конструкции деталей или узлов, получаемых по рассматриваемой технологии. Сделаны выводы. Доклад должен сопровождаться презентацией. Время доклада - 5 минут.

2. Презентация к докладу должна полностью отражать содержание доклада, иметь понятную структуру, быть аккуратно оформлена, оформление не должно затруднять восприятие информации. В презентации должны быть ссылки на использованные источники.

3. Ответы на вопросы. Продолжительность раунда вопросов из аудитории - 5 минут. Ответы на вопросы должны быть краткими по существу, по возможности сопровождаться иллюстрирующими примерами.

Штрафные баллы за выступление:

-1 балл: за отсутствие четкой структуры доклада, нет введения, нет выводов.

-10 баллов не раскрыто основное содержание темы доклада.

-5 баллов: не дана характеристика технологии, не приведены примеры реализации технологии, не формализованы требования к конструкции деталей или узлов, получаемых по рассматриваемой технологии.

- 1 балл превышено время доклада на 1-2 минуты.

- 2 балла превышено время доклада на 2-3 минуты.

- 5 баллов превышено время доклада на более чем 3 минуты.

- 5 баллов отсутствует презентация

- 2 балла: презентация не отражает содержание доклада; не имеет четкой структуры; оформление не аккуратное;

оформление затрудняет восприятие информации; нет ссылок на источники информации.

- 3 балла - нет ответа на вопрос
- 2 балла: ответ не попадает в вопрос; ответ не по существу; ответ слишком затянутый (занимает всё отведенное на раунд вопросов время).

Вопросы к докладчикам - 5 баллов за один вопрос по существу доклада. Вопрос может быть не засчитан, если не относится к теме доклада или апеллирует к личности докладчика.

Раунд обсуждения продолжительностью не более 5 минут. Участие в обсуждении докладов - 5 баллов за одно высказанное развернутое мнение по содержанию вопроса.

Практическое занятие 1. Максимальное количество баллов за полностью выполненное задание – 60.

Критерии оценивания результатов практического задания:

0 баллов - задание не выполнено.

Если задание выполнено, то от максимального количества баллов вычитаются штрафные баллы:

- 20 баллов - не выполнена постобработка результатов топологической оптимизации
- 40 баллов - не выполнена топологическая оптимизация и постобработка её результатов.
- 2 балла за каждое отступление от заданной в задании геометрии в исходной 3D модели.
- 2 балла за каждую отступление от исходных данных при постановке задачи топологической оптимизации.
- 2 балла за некорректно заданные критерии топологической оптимизации
- 2 балла за некорректно заданные ограничения при выполнении топологической оптимизации.

Практические занятия по курсу. Максимальное количество баллов за полностью выполненное задание – 60.

Критерии оценивания результатов практического задания:

0 баллов - задание не выполнено.

Если задание выполнено, то от максимального количества баллов вычитаются штрафные баллы:

- 20 баллов - не выполнена постобработка результатов топологической оптимизации - 40 баллов - не выполнена топологическая оптимизация и постобработка её результатов.
- 2 балла за каждое отступление от заданной в задании геометрии в исходной 3D модели.
- 2 балла за каждую отступление от исходных данных при постановке.

Семестровое задание. Максимальное количество баллов за работу 100 баллов выставляется, если твердотельная модель выполнена верно и полностью соответствует заданию, проведённые исследования прочностных и эксплуатационных параметров изделия соотносятся с реальной схемой нагружения конструкции и сопровождаются анализом результатов, предложенная оптимизированная конструкция имеет потенциальную возможность изготовления методами аддитивных технологий. Если хотя бы одно из вышеперечисленных требований не выполнено, студент получает «штрафные баллы».

Штрафные баллы: отклонение формы или геометрии изделия от задания:

- 1 балл, размеры не выдержаны: -1 балл, материал выбран неверно или не указан: -1 балл, задание сдано не в срок: -1 балл, модель нельзя в дальнейшем использовать для производства методами аддитивных технологий: -2 балла, наложенные сопряжения поверхностей деталей ограничивают необходимую свободу движущихся элементов: -2 балла за каждую ошибку, размеры сопрягаемых поверхностей деталей не соответствуют

друг другу: -5 баллов, процесс оптимизации конструкции вызывает вопросы: -5 баллов. Бонусные баллы: Сделаны предложения по оптимизации конструкции изделия или технологии производства: +3 балла за существенное или инновационное предложение, +2 балла за обоснованное предложение по оптимизации.

Промежуточная аттестация. Зачёт. Зачет проводится в письменной форме. В билете содержится 2 теоретических вопроса и практическое задание. Время на подготовку ответа 120 минут. За ответ на каждый теоретический вопрос - максимум 20 баллов. За практическое задание - 60 баллов.

Критерии оценивания ответов на теоретические вопросы:

0 баллов - нет ответа на вопрос.

5 баллов - ответ на вопрос дан частично, имеются логические и фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, отсутствует критическая оценка данных, нет примеров.

10 баллов - ответ на вопрос дан полностью, но есть логические или фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, имеется критическая оценка известным данным, приведены примеры.

15 баллов - ответ на вопрос дан полностью, но есть незначительные неточности, ответ опирается только на русскоязычные источники информации, в том числе материалы лекции, даны ссылки на использованные источники информации, есть критическая оценка известных данных, приведены примеры.

20 баллов - дан исчерпывающий ответ на вопрос, информация взята из нескольких источников, в том числе на иностранном языке, приведены ссылки на источники информации, проведена критическая оценка известных данных, приведены примеры.

Критерии оценивания результатов практического задания: 0 баллов - задание не выполнено.

Если задание выполнено, то от максимального количества баллов вычитаются штрафные баллы:

- 20 баллов - не выполнена постобработка результатов топологической оптимизации
- 40 баллов - не выполнена топологическая оптимизация и постобработка её результатов.
- 2 балла за каждое отступление от заданной в задании геометрии в исходной 3D модели.
- 2 балла за каждую отступление от исходных данных при постановке задачи топологической оптимизации.
- 2 балла за некорректно заданные критерии топологической оптимизации
- 2 балла за некорректно заданные ограничения при выполнении топологической оптимизации.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения) при сдаче зачета:

– на оценку «зачтено» – обучающийся должен показать знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;

– на оценку «не зачтено» – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки

решения простых задач.

Показатели и критерии оценивания зачета в виде теста:

При проведении аттестации преподаватели руководствуются следующими критериями оценивания знаний студента:

Оценка знаний студентов производится с учетом выполнения им требований программы курса.

Могут учитываться активная работа студента на занятиях, качество выполнения контрольной работы, индивидуальные особенности студентов оцениваются всесторонне, однако ведущим элементом является степень усвоения им учебной программы. Основным критерием оценки по освоению дисциплины является выполнение тестовых заданий.

- **«зачтено»** - выставляется студентам, умеющим раскрывать содержание предмета, показавшим результат при решении тестов более чем на 60% правильных ответов.
- **«незачтено»**- если он не усвоил хотя бы отдельных существенных вопросов учебной программы. Не выполнил тестовые задания.

По решению преподавателя, ведущего практические занятия, отдельные, наиболее активные, успевающие студенты могут быть освобождены от сдачи зачета с учетом оценок, полученных ими на занятиях в течение семестра, т.е. оценки за итоговый контроль знаний им будут выставлены автоматически.

ТЕМЫ ДОКЛАДОВ НА ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ:

«КОНСТРУКТИВНЫЙ ОБЛИК ИЗДЕЛИЙ: ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ»

1. Субстративные технологии. Обработка резанием. Токарное точение. Требования к конструкции деталей.
2. Субстративные технологии. Обработка резанием. Фрезерование. Требования к конструкции деталей.
3. Субстративные технологии. Обработка резанием. Обработка осевым инструментом. Требования к конструкции деталей.
4. Субстративные технологии. Обработка резанием. Шлифование. Требования к конструкции деталей.
5. Традиционные формоизменяющие технологии. Фасонное литье. Требования к конструкции отливок.
6. Традиционные формоизменяющие технологии. Центробежное литье. Требования к конструкции отливок.
7. Традиционные формоизменяющие технологии. Точное литье по газифицируемым моделям. Требования к конструкции отливок.
8. Традиционные формоизменяющие технологии. Литье в кокиль. Требования к конструкции отливок.
9. Традиционные формоизменяющие технологии. Литье под давлением. Требования к конструкции отливок.
10. Традиционные формоизменяющие технологии. Полимерные материалы Литье под давлением. Требования к конструкции изделий.
11. Традиционные формоизменяющие технологии. Обработка давлением. Длинномерные изделия. Требования к конструкции изделий.
12. Традиционные формоизменяющие технологии. Обработка давлением. Объемнаяковка и штамповка. Требования к конструкции изделий.
13. Традиционные формоизменяющие технологии. Обработка давлением. Листовая штамповка. Требования к конструкции изделий.
14. Традиционные формоизменяющие технологии. Обработка давлением. Инкрементное формование. Требования к конструкции изделий.
15. Протоаддитивные технологии. Порошковые технологии. Требования к конструкции изделий.
16. Протоаддитивные технологии. Полимерные материалы. Прямое прессование. Требования к конструкции изделий.
17. Протоаддитивные технологии. Нанесение покрытий. Требования к конструкции изделий.
18. Протоаддитивные технологии. Дуговая сварка. Требования к конструкции изделий.
19. Протоаддитивные технологии. Электронно-лучевая сварка. Требования к конструкции изделий.
20. Протоаддитивные технологии. Лазерная сварка. Требования к конструкции изделий.
21. Протоаддитивные технологии. Диффузионная сварка. Требования к конструкции изделий.
22. Протоаддитивные технологии. Сварка трением. Требования к конструкции изделий.

23. Протоаддитивные технологии. Сварка перемешиванием. Требования к конструкции изделий.
24. Протоаддитивные технологии. Лазерная сварка. Требования к конструкции изделий.
25. Протоаддитивные технологии. Пайка. Требования к конструкции изделий.
26. Протоаддитивные технологии. Технологии сборки. Требования к конструкции изделий.
27. Аддитивные технологии. Полимерные материалы. FDM (FFF). Требования к конструкции изделий.
28. Аддитивные технологии. Полимерные материалы. SLA. Требования к конструкции изделий.
29. Аддитивные технологии. Полимерные материалы. Послойное нанесение с отверждением жидких фотополимеров (Material Jetting). Требования к конструкции изделий.
30. Аддитивные технологии. Полимерные материалы. Нанесение связующего с отверждением (Binder Jetting). Требования к конструкции изделий.
31. Аддитивные технологии. Металлические материалы. Селективное лазерное сплавление (SLS, SLM). Требования к конструкции изделий. 20 25
32. Аддитивные технологии. Металлические материалы. Прямое нанесение металла (DMD). Требования к конструкции изделий.
33. Аддитивные технологии. Селективное лазерное сплавление. Требования к конструкции изделий.