



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

20.02.2024 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

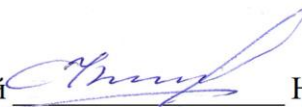
Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материаловедения
Кафедра	Литейных процессов и материаловедения
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск  
2024 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)

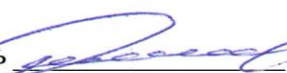
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

08.02.2024, протокол № 6

Зав. кафедрой  Н.А. Феоктистов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

20.02.2024 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

зав. кафедрой ЛПиМ, канд. техн. наук  Н.А. Феоктистов

Рецензент:

зав. кафедрой ПЭиБЖД, канд. техн. наук  А.Ю. Перятинский

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 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 2026 - 2027 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

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 39,05 акад. часов;
- аудиторная – 38 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,05 акад. часов;
- самостоятельная работа – 32,95 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Конструктивный облик изделия: влияющие факторы, критерии оптимизации								
1.1 Общие принципы конструирования промышленного оборудования и основные факторы определяющие конструктивный облик изделия. Критерии оптимизации элементов конструкций	3	2,5					ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3	
1.2 Основные расчеты кинематики и динамики механизмов, расчеты на прочность, долговечность (износ, усталостные разрушения), тепловые расчеты		2,5					ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3	
1.3 Субтрактивные, традиционные формообразующие и аддитивные технологии и их влияние на конструктивный облик изделия		2					ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3	
1.4 Семинар "Конструктивный облик изделий: влияние технологий"				4,5	8	Основная литература 1-5. Дополнительная литература 1-5	Контрольные вопросы к разделу 1	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
Итого по разделу		7		4,5	8			
2. Методы топологической оптимизации: основные принципы, область применения, ограничения								

2.1 Топологическая оптимизация: терминология, основные концепции, основные методы (Level-Set, ESO/BESO, SIMP). Методы ESO/BESO, особенности реализации, ограничения	3	4						ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
2.2 Топологическая оптимизация: методы Level-Set, особенности реализации, ограничения		2						ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
2.3 Топологическая оптимизация: методы SIMP, особенности реализации, ограничения		2						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						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				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						ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3

3.4 Топологическая оптимизация нагруженной детали типа кронштейн: подготовка геометрии, постановка задачи топологической оптимизации, постобработка			6		Основная литература 1-5. Дополнительная литература 1-6	Контрольные вопросы к разделу 3	ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3
3.5 Семестровое задание. Проектирование и оптимизация конструкции				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 индивидиальных 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. Гнездилов, С. Г. Моделирование оптимальной топологии деталей устройств : методические указания / С. Г. Гнездилов. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. — 52 с. — ISBN 978-5-7038-4821-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103417> (дата обращения: 24.01.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. 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 // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/86017> (дата обращения: 24.01.2024). — 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: 24.01.2024). — 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: 24.01.2024). — 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: 24.01.2024). — 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 ПО	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
АСКОН Компас v21-22	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: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

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

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
<b>ОПК-4 Способен находить и перерабатывать информацию, требуемую для принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности</b>		
<b>ОПК-4.1</b>	<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><b>Теоретические вопросы к зачету:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные подходы к разработке конструкции изделия. Цели и задачи процесса конструирования.</li> <li>2. Основные факторы, определяющие конструктивный облик изделия. Основные направления совершенствования конструкций деталей и узлов промышленного оборудования.</li> <li>3. Инженерные расчеты при определении конструктивного облика деталей и узлов промышленного оборудования. Основные расчетные зависимости.</li> <li>4. Перечислите основные технологии изготовления деталей и узлов промышленного оборудования. Укажите ключевые особенности конструкций деталей и узлов схожего функционального назначения, изготовленных различными способами.</li> <li>5. Цели и задачи оптимизации конструкции изделий, критерии оптимизации.</li> <li>6. Топологическая оптимизация. Предметная область. Цели и задачи.</li> <li>7. Перечислите основные методы и проведите их сравнительную оценку.</li> <li>8. Методы ESO/BESO: математическая формулировка, особенности реализации, ограничения.</li> </ol>
<b>ОПК-4.2</b>	<p>Умеет: использовать профессиональные знания для сравнения, классификации и преобразования информации,</p>	<p><b>Перечень примерных практических заданий:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В рамках магистерской ВКР выбрать узел или деталь по</li> </ol>

	<p>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>	<p>согласованию с дипломным руководителем.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Провести анализ условий эксплуатации узла, типичные проблемы и определить пути совершенствования конструкции выбранного изделия.</li> <li>3. Создать 3D модель узла. Провести общее улучшение конструкции исходя из практических соображений.</li> <li>4. Выбрать наиболее нагруженную деталь и провести её топологическую оптимизацию.</li> <li>5. Провести постобработку результатов топологической оптимизации.</li> <li>6. Предложить варианты технологии изготовления оптимизированной детали.</li> </ol>
<p><b>ОПК-4.3</b></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><b>Теоретические вопросы к зачету:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные программные решения для топологической оптимизации элементов конструкций. Сравнительная оценка.</li> <li>2. Порядок подготовки исходной модели. Требования к исходной модели.</li> <li>3. Постановка задачи топологической оптимизации. Основные этапы.</li> <li>4. Постобработка результатов топологической оптимизации. Цели и задачи.</li> <li>5. Примеры решения задач топологической оптимизации (исходная формулировка, методы, программные продукты, уровень результата).</li> <li>6. Методы Level-Set: математическая формулировка, особенности реализации, ограничения.</li> <li>7. Методы SIMP: математическая формулировка, особенности реализации, ограничения.</li> </ol>

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

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

Контрольные вопросы к разделу 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. 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. 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.

**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. 19 25
32. Аддитивные технологии. Металлические материалы. Прямое нанесение металла (DMD). Требования к конструкции изделий.
33. Аддитивные технологии. Селективное лазерное сплавление. Требования к конструкции изделий.