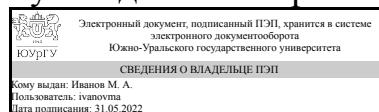


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



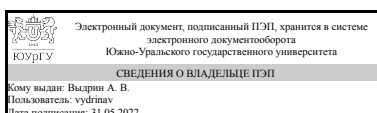
М. А. Иванов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.О.09 Топологическая оптимизация элементов конструкций  
для направления 15.04.01 Машиностроение  
уровень Магистратура  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Процессы и машины обработки металлов давлением**

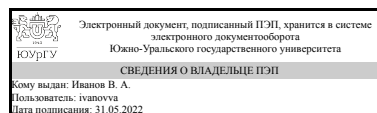
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1025

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



А. В. Выдрин

Разработчик программы,  
старший преподаватель



В. А. Иванов

## 1. Цели и задачи дисциплины

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.

## Краткое содержание дисциплины

Дисциплина включает в себя следующие основные разделы: 1. Конструктивный облик изделия: влияющие факторы, критерии оптимизации. 2. Методы топологической оптимизации: основные принципы, область применения, ограничения. 3. Основные программные решения для топологической оптимизации элементов конструкций. В разделе 1 рассматриваются общие принципы конструирования промышленного оборудования и основные факторы определяющие конструктивный облик изделия (функциональное назначения, условия эксплуатации, технология изготовления, трудоемкость изготовления, материалоемкость); обзорно рассматриваются основные расчеты кинематики и динамики механизмов, расчеты на прочность, долговечность, тепловые расчеты; обзорно рассматриваются субтрактивные, традиционные формообразующие и аддитивные технологии и их влияние на конструктивный облик изделия; выводятся критерии оптимизации элементов конструкции. В разделе 2 вводится понятие топологическая оптимизация, рассматриваются основные методы топологической оптимизации (Level-Set, ESO/BESO, SIMP), их особенности и ограничения. В разделе 3 дается обзор основных программных продуктов для топологической оптимизации элементов конструкций. Рассматриваются примеры типовых задач топологической оптимизации. Порядок подготовки исходных моделей, постановки и решения задач топологической оптимизации, финальной обработки результатов топологической оптимизации. Содержание дисциплины разработано с учетом профессионального стандарта «Специалист в области технологического обеспечения полного цикла производства объёмных нанометаллов, сплавов, композитов на их основе и изделий из них», утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 03.02.2014 № 72н.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-5 Способен разрабатывать аналитические и численные методы при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов	Знает: методы использования информации для подготовки и принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности Умеет: самостоятельно искать, анализировать и

	отбирать необходимую информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее Имеет практический опыт: принятия решений по оптимизации элементов конструкций
--	---

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.08 Системы инженерного анализа, 1.О.03 Средства компьютерного моделирования и проектирования	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.О.03 Средства компьютерного моделирования и проектирования	Знает: основы технического проектирования для решения задач, относящихся к профессиональной деятельности Умеет: выбирать и применять передовые методы и технологии проектирования или использовать творческий подход для разработки новых и оригинальных методов проектирования и разработки Имеет практический опыт: проектирования с использованием компьютерных средств
1.О.08 Системы инженерного анализа	Знает: аналитические и численные методы расчетов параметров технологических процессов, набор стандартных испытаний для определения механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий Умеет: уметь применять прикладные программные средства при разработке технологии сварки и наплавки путем их компьютерного моделирования численными методами с использованием программных средств специального назначения, разрабатывать технологию сварки и наплавки с использованием разработанных методов проведения стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий Имеет практический опыт: способностью использования численных методов при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем и технологических процессов, методики введения и редактирования свойства материалов при компьютерном моделировании

### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 ч., 36,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
Общая трудоёмкость дисциплины	72	72	
<i>Аудиторные занятия:</i>	32	32	
Лекции (Л)	16	16	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	35,75	35,75	
Семестровое задание. Проектирование и оптимизация конструкции технологической машины.	20	20	
Подготовка к зачёту	5,75	5.75	
Подготовка к семинару.	10	10	
Консультации и промежуточная аттестация	4,25	4,25	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	

## 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Конструктивный облик изделия: влияющие факторы, критерии оптимизации	10	6	4	0
2	Методы топологической оптимизации: основные принципы, область применения, ограничения	8	6	2	0
3	Основные программные решения для топологической оптимизации элементов конструкций	14	4	10	0

### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Общие принципы конструирования промышленного оборудования и основные факторы определяющие конструктивный облик изделия. Критерии оптимизации элементов конструкций	2
2	1	Основные расчеты кинематики и динамики механизмов, расчеты на прочность, долговечность (износ, усталостные разрушения), тепловые расчеты	2
3	1	Субтрактивные, традиционные формообразующие и аддитивные технологии и их влияние на конструктивный облик изделия	2
4	2	Топологическая оптимизация: терминология, основные концепции, основные методы (Level-Set, ESO/BESO, SIMP). Методы ESO/BESO, особенности реализации, ограничения	2
5	2	Топологическая оптимизация: методы Level-Set, особенности реализации,	2

		ограничения	
6	2	Топологическая оптимизация: методы SIMP, особенности реализации, ограничения	2
7	3	Обзор основных программных продуктов для топологической оптимизации элементов конструкций. Примеры типовых задач топологической оптимизации.	2
8	3	Порядок подготовки исходных моделей, постановки и решения задач топологической оптимизации, финальной обработки результатов топологической оптимизации.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1,2	1	Семинар "Конструктивный облик изделий: влияние технологии"	4
3	2	Топологическая оптимизация: сравнительная характеристика основных методов	2
4,5	3	Топологическая оптимизация нагруженной детали типа кронштейн: подготовка геометрии, постановка задачи топологической оптимизации, постобработка результатов.	4
6,7,8	3	Топологическая оптимизация детали типа тонкостенный сосуд нагруженный внутренним давлением и осевой силой: подготовка геометрии, постановка задачи топологической оптимизации, постобработка результатов.	6

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Семестровое задание. Проектирование и оптимизация конструкции технологической машины.	1. Щуров, И. А. Твердотельное моделирование с использованием программы Solidworks учеб. метод. пособие И. А. Щуров ; Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 27, [2] с. ил. 2. 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: <a href="https://e.lanbook.com/book/103417">https://e.lanbook.com/book/103417</a> (дата обращения: 24.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 3. Лесин, В.В. Основы методов оптимизации : учебное пособие / В.В. Лесин, Ю.П. Лисовец. — 4-е изд., стер. —	3	20

	<p>Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 344 с. — ISBN 978-5-8114-1217-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/86017">https://e.lanbook.com/book/86017</a> (дата обращения: 10.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 4. 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: <a href="https://e.lanbook.com/book/97104">https://e.lanbook.com/book/97104</a> (дата обращения: 10.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 5. Конспект лекций.</p>		
Подготовка к зачёту	<p>1. Щуров, И. А. Твёрдотельное моделирование с использованием программы Solidworks учеб. метод. пособие И. А. Щуров ; Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 27, [2] с. ил. 2. 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: <a href="https://e.lanbook.com/book/103417">https://e.lanbook.com/book/103417</a> (дата обращения: 24.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 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 // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/86017">https://e.lanbook.com/book/86017</a> (дата обращения: 10.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 4. 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: <a href="https://e.lanbook.com/book/97104">https://e.lanbook.com/book/97104</a> (дата обращения: 10.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 5.</p>	3	5,75

	Конспект лекций.		
Подготовка к семинару.	<p>1. 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: <a href="https://e.lanbook.com/book/168969">https://e.lanbook.com/book/168969</a> (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.</p> <p>2. 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: <a href="https://e.lanbook.com/book/106438">https://e.lanbook.com/book/106438</a> (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.</p> <p>3. Оборудование и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением : учебное пособие для вузов / Г. Г. Чернышов, Д. М. Шашин, В. И. Гирш [и др.] ; под редакцией Г. Г. Чернышова, Д. М. Шашина. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-6853-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/152649">https://e.lanbook.com/book/152649</a> (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.</p> <p>4. Лазерные аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров, Р. С. Третьяков ; под редакцией А. Г. Григорьянца. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 278 с. — ISBN 978-5-7038-4976-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/172807">https://e.lanbook.com/book/172807</a> (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.</p> <p>5. Обработка металлов давлением : учебник / Б. А. Романцев, А. В. Гончарук, Н. М. Вавилкин, С. В. Самусев. — Москва : МИСИС, 2008. — 960 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/117037">https://e.lanbook.com/book/117037</a> (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.</p> <p>6. Сосенушкин, Е. Н. Прогрессивные</p>	3	10

	<p>процессы объемной штамповки :          монография / Е. Н. Сосенушкин. —          Москва : Машиностроение, 2011. — 480          с. — ISBN 5-217-03346-0. — Текст :          электронный // Лань : электронно-          библиотечная система. — URL:  <a href="https://e.lanbook.com/book/3318">https://e.lanbook.com/book/3318</a> (дата          обращения: 10.10.2021). — Режим          доступа: для авториз. пользователей.</p>		
--	---	--	--

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

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

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се- местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи- тыва- ется в ПА
1	3	Текущий контроль	Контрольные вопросы к разделу 1	1	100	<p>Контрольные вопросы к разделу включают в себя 5 вопросов, каждый оценивается максимум в 20 баллов. Критерии оценивания ответа на вопрос:</p> <p>0 баллов - нет ответа на вопрос</p> <p>5 баллов - ответ на вопрос дан частично, имеются логические и фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, отсутствует критическая оценка данных, нет примеров.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>20 баллов - дан исчерпывающий ответ на вопрос, информация взята из нескольких источников, в том числе на иностранном языке, приведены ссылки на источники информации, проведена</p>	зачет



						критическая оценка известных данных, приведены примеры.	
2	3	Текущий контроль	Контрольные вопросы к разделу 2	1	100	<p>Контрольные вопросы к разделу включают в себя 5 вопросов, каждый оценивается максимум в 20 баллов. Критерии оценивания ответа на вопрос:</p> <p>0 баллов - нет ответа на вопрос</p> <p>5 баллов - ответ на вопрос дан частично, имеются логические и фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, отсутствует критическая оценка данных, нет примеров.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>	зачет
3	3	Текущий контроль	Контрольные вопросы к разделу 3	1	100	<p>Контрольные вопросы к разделу включают в себя 5 вопросов, каждый оценивается максимум в 20 баллов. Критерии оценивания ответа на вопрос:</p> <p>0 баллов - нет ответа на вопрос</p> <p>5 баллов - ответ на вопрос дан частично, имеются логические и фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, отсутствует критическая оценка данных, нет примеров.</p> <p>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.</p> <p>15 баллов - ответ на вопрос дан полностью, но есть незначительные неточности, ответ опирается только на русскоязычные источники информации,</p>	зачет

					<p>в том числе материалы лекции, даны ссылки на использованные источники информации, есть критическая оценка известных данных, приведены примеры.</p> <p>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.</p>		
4	3	Текущий контроль	Семинар: Конструктивный облик изделия: влияние технологий	1	100	<p>Выступление с докладом на семинаре - максимум 40 баллов.</p> <p>Вопросы к докладчикам - максимум 30 баллов</p> <p>Участие в дискуссии - максимум 30 баллов</p> <p>Требования к выступлению:</p> <p>1. Доклад должен быть структурирован. В докладе должно быть полностью раскрыто основное содержание темы. Дана краткая характеристика технологии. Приведены примеры реализации технологии.</p> <p>Формализованы требования к конструкции деталей или узлов получаемых по рассматриваемой технологии. Сделаны выводы. Доклад должен сопровождаться презентацией. Время доклада - 5 минут.</p> <p>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.</p> <p>3. Ответы на вопросы.</p> <p>Продолжительность раунда вопросов из аудитории - 5 минут. Ответы на вопросы должны быть краткими по существу, по возможности сопровождаться иллюстрирующими примерами.</p> <p>Штрафные баллы за выступление:</p> <p>-1 балл: за отсутствие четкой структуры доклада, нет введения, нет выводов.</p> <p>-10 баллов не раскрыто основное содержание темы доклада.</p> <p>-5 баллов: не дана характеристика технологии, не приведены примеры реализации технологии, не</p>	зачет

					<p>формализованы требования к конструкции деталей или узлов получаемых по рассматриваемой технологии.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 балл превышено время доклада на 1-2 минуты.</li> <li>- 2 балла превышено время доклада на 2-3 минуты.</li> <li>- 5 баллов превышено время доклада на более чем 3 минуты.</li> <li>- 5 баллов отсутствует презентация</li> <li>- 2 балла: презентация не отражает содержание доклада; не имеет четкой структуры; оформление не аккуратное; оформление затрудняет восприятие информации; нет ссылок на источники информации.</li> <li>- 3 балла - нет ответа на вопрос</li> <li>- 2 балла: ответ не попадает в вопрос; ответ не по существу; ответ слишком затянутый (занимает всё отведенное на раунд вопросов время);</li> </ul> <p>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.</p> <p>Раунд обсуждения продолжительностью не более 5 минут. Участие в обсуждении докладов - 5 баллов за одно высказанное развернутое мнение по содержанию вопроса.</p>		
6	3	Текущий контроль	Практическое занятие 1	1,667	60	<p>Максимальное количество баллов за полностью выполненное задание - 60</p> <p>Критерии оценивания результатов практического задания:</p> <p>0 баллов - задание не выполнено.</p> <p>Если задание выполнено, то от максимального количества баллов вычитаются штрафные баллы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 20 баллов - не выполнена постобработка результатов топологической оптимизации</li> <li>- 40 баллов - не выполнена топологическая оптимизация и постобработка её результатов.</li> <li>- 2 балла за каждое отступление от заданной в задании геометрии в исходной 3D модели.</li> <li>- 2 балла за каждую отступление от исходных данных при постановке задачи топологической оптимизации.</li> </ul>	зачет

						- 2 балла за некорректно заданные критерии топологической оптимизации - 2 балла за некорректно заданные ограничения при выполнении топологической оптимизации.	
7	3	Текущий контроль	Практические занятия по курсу	1,667	60	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.	зачет
8	3	Текущий контроль	Семестровое задание	1	100	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	зачет

					<p>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.</p> <p>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.</p>		
10	3	Промежуточная аттестация	Зачёт	-	100	<p>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.</p> <p>Критерии оценивания ответов на теоретические вопросы:</p> <p>0 баллов - нет ответа на вопрос</p> <p>5 баллов - ответ на вопрос дан частично, имеются логические и фактические ошибки, ответ опирается только на материалы лекции, отсутствует критическая оценка данных, нет примеров.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>	зачет

					<p>Критерии оценивания результатов практического задания:</p> <p>0 баллов - задание не выполнено.</p> <p>Если задание выполнено, то от максимального количества баллов вычитаются штрафные баллы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 20 баллов - не выполнена постобработка результатов топологической оптимизации</li> <li>- 40 баллов - не выполнена топологическая оптимизация и постобработка её результатов.</li> <li>- 2 балла за каждое отступление от заданной в задании геометрии в исходной 3D модели.</li> <li>- 2 балла за каждую отступление от исходных данных при постановке задачи топологической оптимизации.</li> <li>- 2 балла за некорректно заданные критерии топологической оптимизации</li> <li>- 2 балла за некорректно заданные ограничения при выполнении топологической оптимизации.</li> </ul>
--	--	--	--	--	--

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	<p>Промежуточная аттестация по курсу проводится в третьем семестре в виде зачёта. К зачёту допускаются студенты, выполнившие необходимые текущие работы по курсу и получившие суммарную оценку свыше 60 баллов по итогам её выполнения. Зачёт проводится в виде решения задания, которое представляет собой практическую задачу по проектированию, исследованию и оптимизации изделия. Каждому студенту выдаётся билет, содержащий эскиз изделия и задание из трёх блоков вопросов. Необходимо спроектировать твердотельную модель изделия, провести его исследование на прочность и работы по оптимизации конструкции с целью снижения её массы или создания равнопрочной конструкции. На решение задачи отводится 120 минут. По итогам решения составляется отчёт, в котором отражаются результаты проведённой работы и осуществляется защита работы. Оценка "зачтено" выставляется, если твердотельная модель выполнена верно и соответствует заданию, проведённые исследования прочностных и эксплуатационных параметров изделия соотносятся с реальной схемой нагружения конструкции, предложенный вариант оптимизации конструкция решает поставленные задачи, а студент в процессе защиты, отвечая на вопросы по проведённой работе, демонстрирует владение основными понятиями и вопросами курса и освоение компетенций, которые должны быть сформированы по итогам освоения дисциплины. Оценка "не зачтено" выставляется, если бы вышеперечисленные требования не выполнены. Оценка</p>	<p>В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения</p>

	«зачтено» означает успешное освоение дисциплины. Оценка «не зачтено» означает неудовлетворительное освоение дисциплины.	
--	---	--

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ									
		1	2	3	4	6	7	8	10		
ОПК-5	Знает: методы использования информации для подготовки и принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности	+	+	+	+						+
ОПК-5	Умеет: самостоятельно искать, анализировать и отбирать необходимую информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее	+	+	+	+						++
ОПК-5	Имеет практический опыт: принятия решений по оптимизации элементов конструкций									++++	

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### Печатная учебно-методическая документация

##### 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. Орлов, П. И. Основы конструирования Кн. 2 Под ред. П. Н. Учаева. - 3-е изд., испр. - М.: Машиностроение, 1988. - 542 с. ил.
4. Басов, К. А. ANSYS [Текст] справ. пользователя К. А. Басов. - 2-е изд., стер. - М.: ДМК-Пресс, 2012. - 639 с. ил.
5. Каплун, А. Б. Ansys в руках инженера [Текст] практ. рук. А. Б. Каплун, Е. М. Морозов, М. А. Олферьева ; предисл. А. С. Шадского. - Изд. стер. - М.: URSS : ЛИБРОКОМ, 2014. - 269 с. ил.

##### б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

##### в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. 1) Сборка в машиностроении, приборостроении ,науч.-техн. и произв. журн. ,Изд-во "Машиностроение"
2. 2) Computer Design ,науч.-техн. журн. Littleton, MA ,Penn Well ,1993-
3. 3) Computer Aided Design ,науч.-техн. журн. Guildford ,IPC science and technology press ,1989-
4. 4) Машиностроитель ,ежемес. науч.-техн. журн. ,ООО "Науч.-технич. предприятие "Витраж-Центр"; М. ,1936-

5. 5) Вестник Московского государственного технического университета. Серия: Машиностроение, Науч.-теорет. и прикл. журн. широкого профиля, Моск. гос. техн. ун-т им. Н. Э. Баумана; М., Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1991-

6. 6) Машиностроение и инженерное образование, науч.-техн. журн.: 0+, Ин-т машиноведения им. А. А. Благонравова Рос. акад. наук, Моск. гос. индустр. ун-т; М., 2008-

7. 7) Реферативный журнал. Машиностроительные материалы, конструкции и расчет деталей машин. Гидропривод. 48. ,отд. вып., Рос. акад. наук, Всерос. ин-т науч. и техн. информ. (ВИНИТИ); М., ВИНИТИ, 1964-

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Иванов В.А. Топологическая оптимизация элементов конструкций. Методические указания к освоению дисциплины / В.А. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2021. - 31 с.

2. Щуров, И. А. Твердотельное моделирование с использованием программы Solidworks учеб. метод. пособие И. А. Щуров ; Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 27, [2] с. ил.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Иванов В.А. Топологическая оптимизация элементов конструкций. Методические указания к освоению дисциплины / В.А. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2021. - 31 с.

2. Щуров, И. А. Твердотельное моделирование с использованием программы Solidworks учеб. метод. пособие И. А. Щуров ; Юж.-Урал. гос. ун-т; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2007. - 27, [2] с. ил.

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	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: <a href="https://e.lanbook.com/book/103417">https://e.lanbook.com/book/103417</a> (дата обращения: 24.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	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: <a href="https://e.lanbook.com/book/86017">https://e.lanbook.com/book/86017</a> (дата обращения: 10.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	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: <a href="https://e.lanbook.com/book/97104">https://e.lanbook.com/book/97104</a> (дата обращения: 10.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.



4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Рэдвуд, Б. 3D-печать. Практическое руководство : руководство / Б. Рэдвуд, Ф. Шофер, Б. Гаррэт ; перевод с английского М. А. Райтмана. — Москва : ДМК Пресс, 2020. — 220 с. — ISBN 978-5-97060-738-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/140567">https://e.lanbook.com/book/140567</a> (дата обращения: 07.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Васильев, Б. Е. Численное моделирование задач динамики и прочности деталей газотурбинных установок и двигателей : учебное пособие / Б. Е. Васильев. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 174 с. — ISBN 978-5-7038-4954-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/172870">https://e.lanbook.com/book/172870</a> (дата обращения: 07.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6	Дополнительная литература	ScienceDirect	Martin Leary Design for Additive Manufacturing. 6 - Topology optimization for AM. - Elsevier, 2020. - pp.165-202, <a href="https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816721-2.00006-3">https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816721-2.00006-3</a> <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128167212000063">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128167212000063</a>
7	Дополнительная литература	ScienceDirect	Grégoire Allaire, Charles Dapogny, François Jouve, Chapter 1 - Shape and topology optimization // Handbook of Numerical Analysis. - Elsevier, 2021. - Volume 22, pp. 1-132. <a href="https://doi.org/10.1016/bs.hna.2020.10.004">https://doi.org/10.1016/bs.hna.2020.10.004</a> . <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1570865920300181">https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1570865920300181</a>
8	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	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: <a href="https://e.lanbook.com/book/168969">https://e.lanbook.com/book/168969</a> (дата обращения: 08.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
9	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	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: <a href="https://e.lanbook.com/book/106438">https://e.lanbook.com/book/106438</a> (дата обращения: 08.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
10	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Оборудование и основы технологии сварки металлов плавлением и давлением : учебное пособие для вузов / Г. Г. Чернышов, Д. М. Шашин, В. И. Гирш [и др.] ; под редакцией Г. Г. Чернышова, Д. М. Шашина. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 464 с. — ISBN 978-5-8114-6853-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/152649">https://e.lanbook.com/book/152649</a> (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
11	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Лазерные аддитивные технологии в машиностроении : учебное пособие / А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисуров, Р. С. Третьяков ; под редакцией А. Г. Григорьянца. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2018. — 278 с. — ISBN 978-5-7038-4976-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/172807">https://e.lanbook.com/book/172807</a> (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
12	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Обработка металлов давлением : учебник / Б. А. Романцев, А. В. Гончарук, Н. М. Вавилкин, С. В. Самусев. — Москва : МИСИС, 2008. — 960 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/117037">https://e.lanbook.com/book/117037</a> (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
13	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная	Сосенушкин, Е. Н. Прогрессивные процессы объемной штамповки : монография / Е. Н. Сосенушкин. — Москва : Машиностроение, 2011.

	система издательства Лань	— 480 с. — ISBN 5-217-03346-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/3318">https://e.lanbook.com/book/3318</a> (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
--	---------------------------------	--

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. Dassault Systèmes-SolidWorks Education Edition 500 CAMPUS(бессрочно)
3. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
4. -Creo Academic(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -Информационные ресурсы ФИПС(бессрочно)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Зачет, диф. зачет	339 (Л.к.)	Мультимедийный монитор, персональные компьютеры с установленным программным обеспечением,
Контроль самостоятельной работы	339 (Л.к.)	Мультимедийный монитор, персональные компьютеры с установленным программным обеспечением,
Лекции	337 (Л.к.)	Проектор, ПК с доступом к интернет, мультимедийный монитор
Практические занятия и семинары	339 (Л.к.)	Мультимедийный монитор, персональные компьютеры с установленным программным обеспечением,