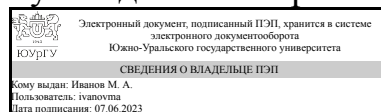


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



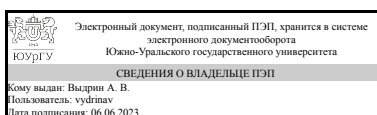
М. А. Иванов

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

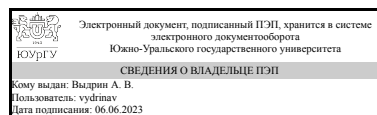
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1025

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



А. В. Выдрин

Разработчик программы,
д.техн.н., проф., заведующий
кафедрой



А. В. Выдрин

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.03 Средства компьютерного моделирования и проектирования, 1.О.08 Системы инженерного анализа	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.08 Системы инженерного анализа	Знает: набор стандартных испытаний для определения механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, аналитические и численные методы расчетов параметров технологических процессов Умеет: 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, уметь применять прикладные программные средства при разработке технологии сварки и наплавки путем их компьютерного моделирования численными методами с использованием программных средств специального назначения Имеет практический опыт: методики введения и редактирования свойства материалов при компьютерном моделировании, способностью использования численных методов при создании математических моделей машин, приводов, оборудования, систем и технологических процессов
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

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 семинару.	10	10
Подготовка к зачёту	5,75	5.75
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	2

		реализации, ограничения	
5	2	Топологическая оптимизация: методы Level-Set, особенности реализации, ограничения	2
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. 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: https://e.lanbook.com/book/103417 (дата обращения: 24.07.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 3.	3	20

	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: 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: https://e.lanbook.com/book/97104 (дата обращения: 10.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 5. Конспект лекций.		
Подготовка к семинару.	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: https://e.lanbook.com/book/168969 (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 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: https://e.lanbook.com/book/106438 (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 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: https://e.lanbook.com/book/152649 (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 4.	3	10

	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: https://e.lanbook.com/book/172807 (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 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: https://e.lanbook.com/book/117037 (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 6. Сосенушкин, Е. Н. Прогрессивные процессы объемной штамповки : монография / Е. Н. Сосенушкин. — Москва : Машиностроение, 2011. — 480 с. — ISBN 5-217-03346-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/3318 (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.		
Подготовка к зачёту	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: https://e.lanbook.com/book/103417 (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: https://e.lanbook.com/book/86017 (дата обращения: 10.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 4.	3	5,75

	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: 10.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей. 5. Конспект лекций.		
--	--	--	--

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	Учитывается в ПА
1	3	Текущий контроль	Контрольные вопросы к разделу 1	1	100	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	зачет

						нескольких источников, в том числе на иностранном языке, приведены ссылки на источники информации, проведена критическая оценка известных данных, приведены примеры.	
2	3	Текущий контроль	Контрольные вопросы к разделу 2	1	100	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.	зачет
3	3	Текущий контроль	Контрольные вопросы к разделу 3	1	100	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	зачет

					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.		
4	3	Текущий контроль	Семинар: Конструктивный облик изделия: влияние технологий	1	100	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.	зачет

					-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.		
6	3	Текущий контроль	Практическое занятие 1	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.	зачет

						- 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.	
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	зачет

					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.	
10	3	Промежуточная аттестация	Зачёт	-	100 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	зачет

					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.	

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	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,	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	которые должны быть сформированы по итогам освоения дисциплины. Оценка "не зачтено" выставляется, если бы вышеперечисленные требования не выполнены. Оценка «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. Благоднарова 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., ВИНТИ, 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: https://e.lanbook.com/book/103417 (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: https://e.lanbook.com/book/86017 (дата обращения: 10.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства	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» :

		Лань	[сайт]. — URL: https://e.lanbook.com/book/97104 (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: https://e.lanbook.com/book/140567 (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: https://e.lanbook.com/book/172870 (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, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816721-2.00006-3 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128167212000063
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. https://doi.org/10.1016/bs.hna.2020.10.004 . https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1570865920300181
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: https://e.lanbook.com/book/168969 (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: https://e.lanbook.com/book/106438 (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: https://e.lanbook.com/book/152649 (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. 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: https://e.lanbook.com/book/172807 (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: https://e.lanbook.com/book/117037 (дата обращения: 10.10.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

13	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Сосенушкин, Е. Н. Прогрессивные процессы объемной штамповки : монография / Е. Н. Сосенушкин. — Москва : Машиностроение, 2011. — 480 с. — ISBN 5-217-03346-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/3318 (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, Simploter, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)
4. -Creo Academic(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -Информационные ресурсы ФГУ 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,
Практические занятия и семинары	339 (Л.к.)	Мультимедийный монитор, персональные компьютеры с установленным программным обеспечением,
Лекции	337 (Л.к.)	Проектор, ПК с доступом к интернет, мультимедийный монитор