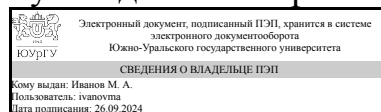


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



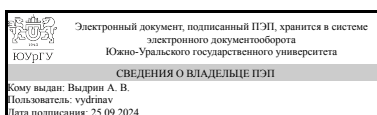
М. А. Иванов

## 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

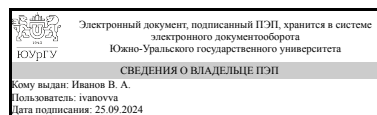
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.01 Машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1025

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<br>Умеет: самостоятельно искать, анализировать и |

|  |                                                                                                                                                                               |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | отбирать необходимую информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее<br>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,<br>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. 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. — | 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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Учитывается 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:<br>Конструктивный облик изделия:<br>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> <p>- 1 балл превышено время доклада на 1-2 минуты.</p> <p>- 2 балла превышено время доклада на 2-3 минуты.</p> <p>- 5 баллов превышено время доклада на более чем 3 минуты.</p> <p>- 5 баллов отсутствует презентация</p> <p>- 2 балла: презентация не отражает содержание доклада; не имеет четкой структуры; оформление не аккуратное; оформление затрудняет восприятие информации; нет ссылок на источники информации.</p> <p>- 3 балла - нет ответа на вопрос</p> <p>- 2 балла: ответ не попадает в вопрос; ответ не по существу; ответ слишком затянутый (занимает всё отведенное на раунд вопросов время);</p> <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 | <p>Максимальное количество баллов за полностью выполненное задание - 60</p> <p>Критерии оценивания результатов практического задания:</p> <p>0 баллов - задание не выполнено. Если задание выполнено, то от максимального количества баллов вычитаются штрафные баллы:</p> <p>- 20 баллов - не выполнена постобработка результатов топологической оптимизации</p> <p>- 40 баллов - не выполнена топологическая оптимизация и постобработка её результатов.</p> <p>- 2 балла за каждое отступление от заданной в задании геометрии в исходной 3D модели.</p> <p>- 2 балла за каждую отступление от исходных данных при постановке задачи топологической оптимизации.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | зачет |

|   |   |                  |                               |       |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |       |
|---|---|------------------|-------------------------------|-------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|   |   |                  |                               |       |     | <p>- 2 балла за некорректно заданные критерии топологической оптимизации</p> <p>- 2 балла за некорректно заданные ограничения при выполнении топологической оптимизации.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |       |
| 7 | 3 | Текущий контроль | Практические занятия по курсу | 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> <p>- 20 баллов - не выполнена постобработка результатов топологической оптимизации</p> <p>- 40 баллов - не выполнена топологическая оптимизация и постобработка её результатов.</p> <p>- 2 балла за каждое отступление от заданной в задании геометрии в исходной 3D модели.</p> <p>- 2 балла за каждую отступление от исходных данных при постановке задачи топологической оптимизации.</p> <p>- 2 балла за некорректно заданные критерии топологической оптимизации</p> <p>- 2 балла за некорректно заданные ограничения при выполнении топологической оптимизации.</p> | зачет |
| 8 | 3 | Текущий контроль | Семестровое задание           | 1     | 100 | <p>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.</p> <p>Если хотя бы одно из вышеперечисленных требований не выполнено, студент получает «штрафные баллы».</p> <p>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</p>                                  | 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 | - | <p>100</p> <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> | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

|  |                                                                                                                         |  |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | «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      | 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 //                                                                                                                                                                                                              |

|    |                           |                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----|---------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                           | Лань                                              | 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.                                                                 |
| 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. 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.                                              |
| 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 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: <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 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 |
|---------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекции                          | 337<br>(Л.к.) | Проектор, ПК с доступом к интернет, мультимедийный монитор                                                                                       |
| Контроль самостоятельной работы | 339<br>(Л.к.) | Мультимедийный монитор, персональные компьютеры с установленным программным обеспечением,                                                        |
| Зачет                           | 339<br>(Л.к.) | Мультимедийный монитор, персональные компьютеры с установленным программным обеспечением,                                                        |
| Практические занятия и семинары | 339<br>(Л.к.) | Мультимедийный монитор, персональные компьютеры с установленным программным обеспечением,                                                        |