

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.03.01
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕПЛОФИЗИКА ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки

**15.04.05 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

направленность (профиль)

**ЦИФРОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Форма обучения: очная

Год набора: 2022

Общая трудоемкость: 6 ЗЕТ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	4	Итого
Форма контроля	экзамен	
Вид занятий		
Лекции	16	16
Лабораторные		
Практические	16	16
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,35	0,35
Контактная работа	32,35	32,35
Самостоятельная работа	148	148
Контроль	35,65	35,65
Итого	216	216

Рабочую программу составил:

доцент, доцент, канд. техн. наук Резников Л.А.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Срок действия рабочей программы дисциплины до « 30 » августа 2024 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(протокол заседания № 1 от «31» августа 2021 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – подготовка будущего магистра, владеющего совокупностью методов, средств, способов и приемов науки и техники, направленных на создание и производство конкурентоспособной машиностроительной продукции за счет эффективного конструкторско-технологического обеспечения.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины, учебные курсы, на освоении которых базируется данная дисциплина – высшая математика, физика, технология физико-технической обработки материалов.

Дисциплины, учебные курсы, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины – подготовка магистерской диссертации.

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-1: Способен самостоятельно проводить, а также руководить группой исполнителей при научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработках	ПК-1.1. Формулирует цели и задачи проводимых исследований и разработок ПК-1.2. Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований ПК-1.3. Оформляет результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	Знать: математические методы решения теплофизических задач; теоретические основы расчета тепловых потоков и температурных полей в компонентах процесса резания, пути повышения размерной стойкости инструментальных наладок, способы модификации рабочих поверхностей инструмента с целью достижения целесообразного распределения теплоты в этих компонентах
		Уметь: выбрать математическую модель, адекватную конкретной теплофизической задаче, выполнить расчеты тепловых потоков и температурных полей в компонентах процесса резания, рассчитать параметры режущего инструмента и режим резания, обеспечивающие целесообразное распределение теплоты в этих компонентах, разрабатывать технологические процессы обработки с дополнительным нагревом обрабатываемого материала, обеспечивающие повышение размерной стойкости инструментальных наладок и достижение целесообразного распределения теплоты в них

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		Владеть: навыками решения теплофизических задач современного машиностроения, навыками расчета параметров режущего инструмента и режима резания, обеспечивающих целесообразное распределение теплоты в компонентах процесса резания, навыками разработки эскизных и рабочих проектов режущего инструмента и сопутствующей им конструкторской и технологической документации

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Раздел 1. Основные положения учения о теплопроводности	Лек	Тема 1.1. Температурное поле в твердом теле. Градиент температуры	4	2	–	–	Экзамен
	Пр	Практическая работа 1. Градиент температуры. Тепловая мощность	4	2	–	–	Отчет по практической работе 1
	Ср	Тема 1.1. Температурное поле в твердом теле. Градиент температуры	4	16	–	–	Экзамен
	Лек	Тема 1.2. Закон Фурье. Термическое сопротивление. Тепловые цепи	4	2	–	–	Устный опрос
	Пр	Практическая работа 2. Термическое сопротивление и тепловые цепи.	4	2	–	–	Отчет по практической работе 2
	Ср	Тема 1.2. Закон Фурье. Термическое сопротивление. Тепловые цепи	4	16	–	–	Экзамен
Раздел 2. Дифференциальное уравнение теплопроводности и методы его решения	Лек	Тема 2.1. Условия однозначности при решении дифференциального уравнения теплопроводности	4	2	–	–	Экзамен
	Пр	Практическая работа 3. Плоские источники теплоты	4	2	–	–	Отчет по практической работе 3
	Ср	Тема 2.1. Условия однозначности при решении дифференциального уравнения теплопроводности	4	16	–	–	Экзамен
	Лек	Тема 2.2. Схематизация компонентов технологических систем. Кодирование тепловых задач.	4	2	–	–	Экзамен
	Пр	Практическая работа 4. Кодирование тепловых задач	4	2	–	–	Отчет по практической работе 4
	Ср	Тема 2.2. Схематизация компонентов технологических систем. Кодирование тепловых задач.	4	16	–	–	Экзамен

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Раздел 3. Методы описания процессов теплопроводности в системах твердых тел	Лек	Тема 3.1. Классический метод (метод прямого интегрирования)	4	2	–	–	Экзамен
	Пр	Практическая работа 5. Критерии Пекле и Фурье	4	2	–	–	Отчет по практической работе 5
	Ср	Тема 3.1. Классический метод (метод прямого интегрирования)	4	16	–	–	Экзамен
	Лек	Тема 3.2. Метод источников теплоты. Принцип конструирования решения	4	2	–	–	Экзамен
	Ср	Тема 3.2. Метод источников теплоты. Принцип конструирования решения	4	16	–	–	Экзамен
	Лек	Тема 3.3. Метод источников теплоты. Принцип отражения	4	2	–	–	Экзамен
	Пр	Практическая работа 6. Метод источников теплоты	4	4	–	–	Отчет по практической работе 6
	Ср	Тема 3.3. Метод источников теплоты. Принцип конструирования решения. Принцип отражения	4	16	–	–	Экзамен
	Лек	Тема 3.4. Инженерная методика расчета температур	4	2	–	–	Экзамен
	Пр	Практическая работа 7. Инженерная методика расчета температур	4	2	–	–	Отчет по практической работе 7
	Ср	Тема 3.4. Инженерная методика расчета температур	4	16	–	–	Экзамен
	Ср	Подготовка к экзамену	4	20	–		
	ПА		4	0,35			
	Контроль		4	35,65			
Итого:				216			

5. Образовательные технологии

Для эффективного изучения дисциплины и реализации компетентностного подхода предусмотрена традиционная форма обучения (лекции, практические занятия и самостоятельная работа).

6. Методические указания по освоению дисциплины

1. Резников А.Н. Тепловые процессы в технологических системах [Электронный ресурс] : учебник / А.Н. Резников, Л.А. Резников. – Изд. 2-е, испр. – Санкт-Петербург : Лань, 2016. – 292 с. : ил. – ISBN 978-5-8114-2272-2.

2. Солоненко В.Г. Резание металлов и режущие инструменты [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин. – Москва : ИНФРА-М, 2016. – 416 с. : ил. – ISBN 978-5-16-004719-5.

7. Оценочные средства

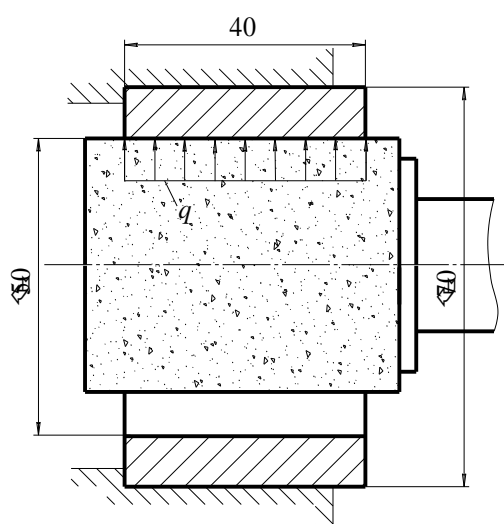
7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
4	ПК-1	Отчеты по практическим работам 1-7. Вопросы к экзамену

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Практические работы

Типовые примеры заданий



Практическая работа 1. Градиент температуры. Тепловая мощность

На внутришлифовальном станке производится врезное шлифование отверстия диаметром 50 мм во втулке из стали ШХ15 ($\lambda = 34 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$). Охлаждающая жидкость в процессе шлифования не применяется.

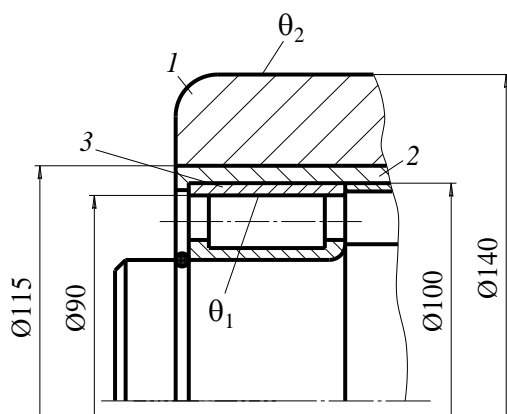
Измерения показали, что при установившемся теплообмене температуры на наружной и внутренней поверхностях втулки составляют, в среднем, $\theta_n = 40^\circ\text{C}$ и $\theta_v = 128^\circ\text{C}$ соответственно.

Эффективная мощность, подведенная к шлифовальному кругу, составляет $W = 2,5 \text{ кВт}$.

Рассчитайте тепловой поток q в материал заготовки на шлифуемой поверхности и определите,

какая часть W_1 эффективной мощности расходуется на нагревание втулки в процессе шлифования. Тепловой поток примите равномерно распределенным по всей внутренней поверхности втулки.

Практическая работа 2. Термическое сопротивление и тепловые цепи

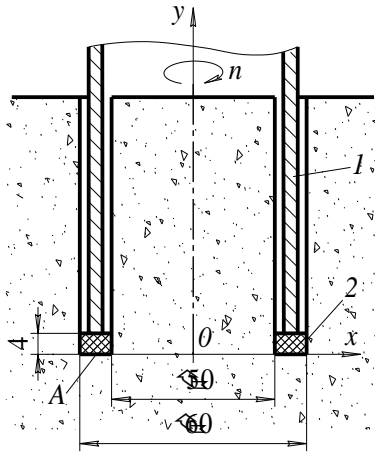


Через дорожку качения Ø90 наружного кольца 3 роликового подшипника передается тепловой поток $q = 7600 \text{ Вт/м}^2$, в результате чего эта поверхность нагревается до температуры $\theta_1 = 45^\circ\text{C}$.

Кольцо изготовлено из стали ШХ15 ($\lambda_3 = 33 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$), стакан 2 – из стали 40 ($\lambda_2 = 34 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$), а ступица 1 – из чугуна ($\lambda_1 = 40 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$).

Рассчитайте эквивалентный коэффициент теплопроводности узла, состоящего из деталей 3, 2 и 1, а также температуру θ_2 наружной поверхности ступицы при установившемся теплообмене. Теплоотдачей от подшипникового узла в окружающую среду пренебрегите.

Практическая работа 3. Плоские источники теплоты



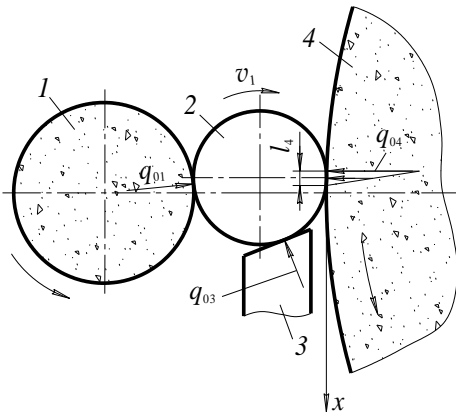
При изготовлении отверстий в бетоне применяют алмазные сверла, представляющие собой металлическую трубку 1, к торцу которой припаяно алмазосодержащее кольцо 2. Основное тепловыделение при сверлении происходит на торце А.

Алмазосодержащее кольцо состоит из 31% кристаллов природного алмаза ($\lambda_1 = 600 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$), 19% зерен твердого сплава ВК8 ($\lambda_2 = 54 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$), 48% медно-никелевой связки ($\lambda_3 = 25 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$) и 2% воздушных пор ($\lambda_4 = 0,03 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$).

Рассчитайте плотность тепловыделения на торце А, если сверло вращается с частотой 1200 об/мин, а момент сверления равен 4,7 Н.м.

Определите температуру в месте припайки алмазосодержащего кольца к трубке, если в процессе резания торец А нагревается до температуры $\theta_A = 600^\circ\text{С}$. В связи с низкой теплопроводностью обрабатываемого материала можно принять, что вся теплота сверления поступает в инструмент.

Практическая работа 4. Кодирование тепловых задач



При врезном бесцентровом шлифовании заготовки из стали ХГН ($\omega = 0,07 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$) из мощности $W = 5 \text{ кВт}$ установленного на шлифовальном станке электродвигателя 11,8% теряется из-за трения в механизмах станка, а еще 1,5% расходуется на преодоление трения между заготовкой 2 и опорным ножом 3.

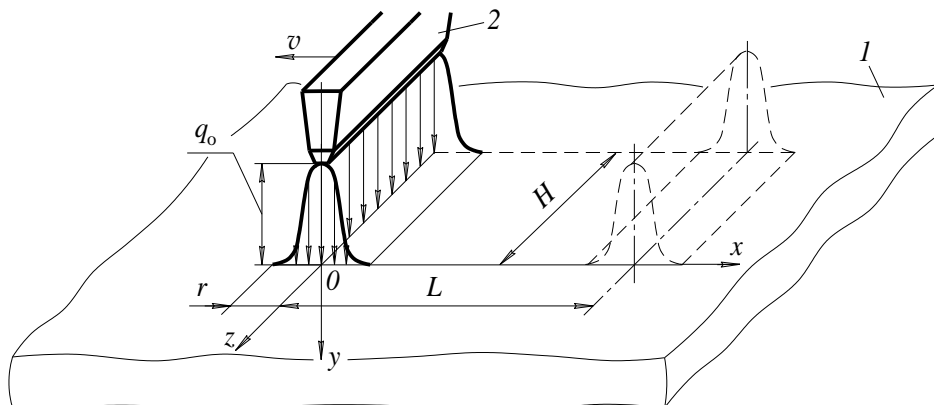
Окружная скорость вращения заготовки $v_1 = 24 \text{ м/мин}$. Сила трения между заготовкой и ведущим кругом 1 равна 215 Н.

Ширина шлифуемой поверхности (размер перпендикулярный плоскости рисунка) $b = 80 \text{ мм}$. Все источники тепловыделения распределены вдоль ширины b равномерно.

Длины контактных площадок между заготовкой и ведущим кругом, а также между заготовкой и ножом $l_1 = l_3 \rightarrow 0$. Длина контакта между режущим кругом 4 и заготовкой $l_4 = 2 \text{ мм}$, причем тепловыделение на этой длине распределено по линейному закону с максимумом q_{04} .

Выполните кодирование тепловой задачи для заготовки при установившемся режиме, если охлаждающая жидкость в процессе шлифования не применяется. Рассчитайте плотности тепловыделения q_{01} , q_{03} и q_{04} на контактных поверхностях.

Практическая работа 5. Критерии Пекле и Фурье



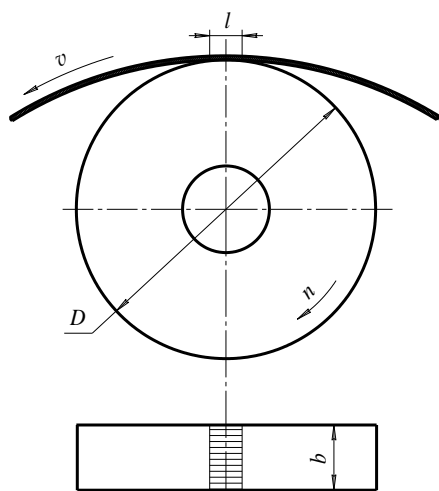
При нагревании листа 1 газовой горелкой 2 шириной $H = 50$ мм источник тепловыделения распределен по симметричному нормальному закону с коэффициентом сосредоточенности $k_0 = 7500 \text{ м}^{-2}$.

Горелка перемещается со скоростью $v = 0,6$ м/мин. За время, пока горелка прошла расстояние $L = 120$ мм, она выделила 3500 Дж теплоты, причем 90% этой теплоты ушло на нагревание листа, а остальная – на лучистый теплообмен пламени с окружающей средой.

Лист изготовлен из стали 45 ($\omega = 0,08 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$); за пределами контакта с пламенем горелки теплоотдача от листа в окружающую среду пренебрежимо мала.

Выполните кодирование тепловой задачи и определите наибольшую плотность q_0 теплового потока, поступающего в лист.

Практическая работа 6. Метод источников теплоты

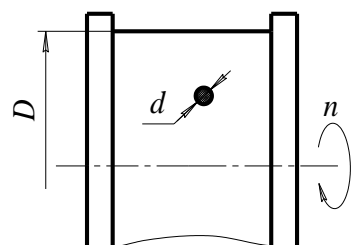


Ролик из коррозионно-стойкой стали 12Х18Н9Т ($\lambda = 23 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$, $\omega = 0,05 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$) полируют эластичной лентой, движущейся с некоторой скоростью v . Ролик вращается с частотой $n = 40$ об/мин. Длина контакта между роликом и лентой $l = 5$ мм.

В процессе полирования в каждую секунду выделяется $Q = 12$ кДж теплоты. Эта теплота равномерно распределена по всей площадке контакта, причем в заготовку передается $0,6Q$.

Рассчитайте среднюю температуру поверхности контакта ленты и ролика при установившемся теплообмене. Теплоотдачей с поверхностью ролика в окружающую среду можно пренебречь.

Практическая работа 7. Инженерная методика расчета температур



Беговую дорожку внутреннего кольца роликового подшипника обрабатывают лазером с целью повышения твердости поверхности. Кольцо изготовлено из подшипниковой стали ШХ15 ($\lambda = 33 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}$, $\omega = 0,065 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$) и вращается с частотой $n = 30$ об/мин. Лазерный луч создает на поверхности заготовки пятно нагрева диаметром $d = 1$ мм.

Тепловой поток на поверхности заготовки в пределах пятна нагрева распределен по нормально-круговому закону (т.е. поток имеет один и тот же закон нормального распределения на любом диаметре пятна). Наибольшая плотность тепловыделения (в центре пятна нагрева) $q_0 = 25 \cdot 10^7 \text{ Вт/м}^2$.

Определите, используя инженерную методику расчета температур, среднюю температуру и поверхности кольца непосредственно под пятном нагрева, если теплоотдачей со всех других поверхностей кольца в окружающую среду можно пренебречь.

Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма текущего контроля	Критерии и нормы оценки	
4	Практическая работа	«зачтено»	работа выполнена правильно или с исправимыми недочетами
		«не зачтено»	работа выполнена неправильно или с неисправимыми недочетами

7.3.Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 4

№ п/п	Вопросы к экзамену
1	Роль тепловых явлений в оптимизации технологических систем (ТС)
2	Виды теплообмена в ТС
3	Физические характеристики передачи теплоты теплопроводностью
4	Температурное поле в твердом теле. Градиент температуры
5	Закон Фурье и его частные случаи для плоских и цилиндрических стенок
6	Термическое сопротивление и его физический смысл
7	Тепловые цепи. Эквивалентная теплопроводность многослойных стенок
8	Дифференциальное уравнение теплопроводности
9	Условия однозначности при решении дифференциального уравнения теплопроводности
10	Четыре рода граничных условий в тепловых задачах
11	Классификация источников (стоков) теплоты по форме, скорости движения, длительности действия. Критерии Пекле и Фурье
12	Схематизация теплофизических характеристик твердых тел
13	Схематизация геометрической формы твердых тел
14	Кодирование тепловых задач
15	Методы описания процессов теплопроводности в системах твердых тел. Классический метод и область его применения.
16	Метод источников теплоты. Принцип конструирования решения. Принцип отражения
17	Численные методы решения дифференциального уравнения теплопроводности
18	Теплообмен при резании материалов. Составляющие и итоговые тепловые потоки в компонентах процесса резания
19	Теплообразование в узлах и механизмах станков
20	Процессы резания с дополнительным локальным нагревом материала заготовки

Каждый экзаменационный билет содержит теоретический вопрос и задачу.

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
4	Экзамен	«отлично»	правильно решена задача и дан полный ответ на вопрос билета
		«хорошо»	решение задачи и ответ на вопрос билета имеют незначительные недочеты
		«удовлетворительно»	решение задачи и ответ на вопрос билета имеют существенные недочеты
		«неудовлетворительно»	задача билета решена неправильно

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	А.Н. Резников, Л.А. Резников	Тепловые процессы в технологических системах	Учебник	2016	ЭБС «Лань»
2	В.Г. Солоненко, А.А. Рыжкин	Резание металлов и режущие инструменты	Учебное пособие	2016	ЭБС «ZNANIUM.COM»

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Д.А. Расторгуев	Проектирование технологических операций	Учебно-методическое пособие	2018	Репозиторий ТГУ

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Российская государственная библиотека (РГБ), г. Москва – <http://www.rsl.ru>.
- Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005-2006 гг. На данный период в ЭБ уже собрано более 11 тыс. учебных материалов различных вузов России. В ЭК – более 30 тыс. описаний, а так же есть "Глоссарий" и раздел "Система новостей" по названной тематике. Это уникальный образовательный проект в русскоязычном Интернете. Полный доступ ко всем ресурсам, включая полнотекстовые материалы библиотеки, предоставляется всем пользователям в свободном режиме – <http://window.edu.ru>.
- Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания – <http://www.edulib.ru>

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows: WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc	договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно; контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно
2	Office Standard: Office Stdandard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition Office Stdandard 2016 Russian OLP NL AcademicEdition Office Stdandard 2016 Russian OLP NL AcademicEdition	контракт № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно контракт № 727 от 20.07.2016, срок действия – бессрочно
3	КОМПАС-3D v 18 (Проектирование и конструирование в машиностроении)	контракт № 1198 от 18.11.2019, срок действия – бессрочно

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Учебная аудитория для проведения лабораторных работ. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ).	Стол�ы ученические двухместные (моноблоки) , доска аудиторная (меловая), стол преподавательский , стул преподавательский кафедра, шкафы для инструмента, дипломные планшеты, столы и оборудование, тумбы с оборудованием, приборы для

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
	Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Е-205)	измерения углов, режущие инструменты, сверла, резцы, протяжки, фрезы, инструментальные центры, червячная фреза, оптическая делительная головка
2	Помещение для самостоятельной работы студентов (Г-401)	Столы, стулья, компьютеры
3	Помещение для самостоятельной работы обучающихся (С-508)	Доска аудиторная (меловая), столы ученические, стол преподавательский, стулья, стенды, шкафы.