

Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический  
университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

ГГТУ им. П.О. Сухого

О.Д. Асенчик

\_\_\_\_\_ (подпись)

08. 12. 2021

\_\_\_\_\_ (дата утверждения)

Регистрационный № УД-31 – 47/уч.

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН**

Учебная программа учреждения высшего образования  
для специальности

1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий»

Учебная программа составлена на основе:

образовательного стандарта высшего образования ОСВО 1-36 07 02-2019, учебных планов I ступени высшего образования по специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»: I 36-1-04/уч. от 06.02.2019; I 36-1-15/уч. от 06.02.2019; I 36-1-08/уч. от 05.02.2020

#### **СОСТАВИТЕЛИ:**

Ж.В. Кадолич, заведующий кафедрой «Материаловедение в машиностроении» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент;

С.Н. Бобрышева, доцент кафедры «Материаловедение в машиностроении» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент

И.Б. Одарченко, декан механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», канд. техн. наук, доцент;

Е.П. Поздняков, старший преподаватель кафедры «Материаловедение в машиностроении» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»;

Н.В. Грудина, старший преподаватель кафедры «Материаловедение в машиностроении» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»;

О.В. Герасимова, старший преподаватель кафедры «Металлургия и технология обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого».

#### **РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

А.С. Шантыко, директор НТЦК ОАО «Гомсельмаш»;

Ю.Л. Бобарикин, заведующий кафедрой «Металлургия и технология обработки материалов» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого», кандидат технических наук, доцент.

#### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой «Материаловедение в машиностроении» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 9 от 04.10.2021);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»

(протокол № 4 от 02.11.2021); УД 1-02/уч;

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 2 от 07.12.2021).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В соответствии с Положением о государственных экзаменационных комиссиях высших учебных заведений Республики Беларусь Государственный экзамен по специальности является итоговой аттестацией студентов перед защитой дипломных проектов (работ) при подготовке специалистов с высшим образованием. Итоговая аттестация студентов при освоении образовательных программ по специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» проводится в форме государственного экзамена по специальности, а также защиты дипломного проекта.

Государственная итоговая аттестация осуществляется с целью установления уровня подготовленности выпускника высшего учебного заведения к выполнению профессиональных задач, которые по своему содержанию соответствуют основной образовательной программе высшего образования по направлению подготовки.

Итоговая аттестация осуществляется государственной экзаменационной комиссией.

При подготовке к итоговой аттестации формируются и развиваются компетенции, составляющие основу образовательного стандарта по учебным дисциплинам специальности.

Требования к государственному экзамену.

Государственный экзамен проводится на заседании государственной экзаменационной комиссии.

Программа государственного экзамена разрабатывается учреждением высшего образования в соответствии с Правилами проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования.

Цель проведения экзамена – подтверждение обучающимися специальных знаний и практических навыков для последующего присвоения соответствующей квалификации.

Задачи итоговой аттестации выпускников:

- самостоятельно решать на современном уровне задачи профессиональной деятельности, опираясь на полученные знания, умения и сформированные навыки;
- профессионально излагать специальную информацию;
- научно аргументировать и защищать свою точку зрения.

В Государственный экзамен по специализации 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» включены следующие учебные дисциплины:

1. Конструирование и расчет изделий;
2. Основы материаловедения и структурообразования;
3. Аддитивные технологии в производстве;
4. Охрана труда;

## 5. Проектирование технологического оборудования для трехмерных технологий.

К государственному экзамену допускаются обучающиеся, не имеющие академических задолженностей и в полном объеме выполнившие учебный план или индивидуальный план по образовательной программе высшего образования.

Государственный экзамен по дисциплине проводится по экзаменационным билетам. Последние разрабатываются на основании содержания учебных программ по учебным дисциплинам, вынесенным на государственный экзамен по специальности, преподавателями соответствующих учебных дисциплин и подписываются заведующим кафедрой. Количество вопросов в экзаменационном билете должно соответствовать числу учебных дисциплин, выносимых на государственный экзамен. Количество комплектов экзаменационных билетов должно соответствовать количеству учебных групп, а число билетов – превышать число студентов в учебной группе с максимальной численностью. Повторное использование экзаменационных билетов не допускается.

Для разработки экзаменационных материалов и программы подготовки студентов к государственному экзамену по специальности создается рабочая группа из преподавателей дисциплин, которые выносятся на государственный экзамен. В экзаменационные билеты могут включаться материалы, позволяющие осуществить контроль результатов учебной деятельности выпускника по дисциплинам учебного плана в соответствии с квалификационными требованиями к специалисту.

Экзаменационные материалы и программа подготовки студентов к государственному экзамену по специальности рассматриваются на заседании кафедры. Программа подготовки доводится до сведения студентов не позднее чем за 2 (два) месяца до начала государственного экзамена по специальности.

Перед государственным экзаменом проводятся обязательные консультации обучающихся по программе государственного экзамена.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИН

1. Наименование тем и их содержание по учебной дисциплине *«Конструирование и расчет изделий»*:

### **Тема 1.1. Конструкционные материалы**

Конструкционные материалы (КМ). Требования к КМ. Номенклатура показателей свойств. Схема выбора материала. Основы проектирования структуры КМ. Области эффективного применения КМ. Примеры использования (транспортные средства, инвентарь для спорта и туризма и др.).

### **Тема 1.2. Основы проектирования**

Разработка и постановка продукции на производство. Основные этапы и их содержание. Функции конструктора. Стадии разработки и их содержание. Основные стадии разработки, классификация. Задание на разработку. Технические требования к изделиям из КМ, их задание и обеспечение. Предпроектные НИР, их содержание.

Технологические особенности конструкций изделий из композиционных материалов. Основные способы производства изделий из КМ (контактное формование, пропитка под давлением; прессование; литье под давлением; ротационное формование; экструзия и пултрузия). Особенности конструкции изделий.

Технический уровень изделий. Оценка технического уровня изделий. Технические решения. Патентные исследования. Предмет и задачи. Методология.

Структура процесса разработки изделий. Методология проектирования. Системный подход. Целевая функция.

Компоновка. Базы. Методы проектирования крупногабаритных изделий. Выбор внешней формы. Критерии выбора формы изделия. Конструктивные, эстетические, аэродинамические и др. факторы.

### **Тема 1.3. Обеспечение качества при конструировании**

Точность формы и размеров. Влияние структуры на геометрию и точность. Расчёт полей допуска размеров и формы панелей.

Воздействие внешней среды на изделия из КМ. Окружающая среда. Классификация по воздействию. Учет воздействия внешней среды при проектировании изделий.

Надежность изделий. Показатели надежности, их задание и оценка на стадии разработки. Расчёт показателей безотказности и долговечности. Испытания на надежность.

Затраты на разработку и изготовление изделий из КМ. Классификация затрат, составляющие. Оценка экономической эффективности применения КМ в изделиях. Методы. Примеры.

### **Тема 1.4. Стержневые конструкции**

Стержни, работающие на растяжение. Способы получения. Структура. Расчёт стержней, работающих на растяжение. Учет неоднородности материала, случайного характера нагружения, ползучести. Примеры стержневых

элементов конструкции, работающих на растяжение (тяга, лопатка турбины, шатун, маховик).

Стержни, работающие на изгиб. Жесткость стержней из КМ при изгибе. Влияние геометрии, структуры и свойств компонентов. Примеры конструирования и расчёта стержневых изделий из КМ: удилища, весла, рычаги пневматической подвески, клюшки для хоккея, лыжи, антенны, мачты, лестницы, шесты для прыжков и т.п.

Изгиб стержней из КМ с криволинейной осью. Конструкционные особенности геометрии, структура и свойства материалов. Расчёт колец. Конструкция и расчёт теннисной ракетки.

Кручение стержней из КМ. Оптимизация структуры. Расчёт на жесткость и прочность. Примеры стержневых элементов конструкции, работающих на кручение.

Стержневые конструкции, работающие на сжатие. Влияние геометрии и свойств компонентов, оптимизация структуры. Устойчивость сжатых стержней из КМ. Примеры.

### **Тема 1.5. Соединения деталей**

Клеевые соединения. Основные схемы клеевых соединений. Распределение касательных усилий. Влияние на прочность жесткости клеевого слоя и соединяемых пластин. Соединение путем приформовывания.

Механические соединения. Классификация механических соединений. Концентрация напряжений около отверстия. Влияние анизотропии материала. Способы укрепления отверстий.

Болтовые и заклепочные соединения. Схемы исполнения и конструкция соединений. Основные параметры. Обеспечение равнопрочности.

Винтовые соединения. Конструкционные особенности исполнения винтовых соединений. Основные параметры.

Особенности конструкции и расчёта резьбовых, клиновых и цанговых соединений. Назначение, основные схемы исполнения соединений, конструктивные особенности. Хомутовые соединения, критерии оптимизации конструкции.

Эффективность конструкции соединения. Конструктивные и экономические критерии оценки эффективности соединений. Примеры.

## **2. Наименование тем и их содержание по учебной дисциплине «Основы материаловедения и структурообразования»:**

### **Тема 2.1. Введение. Строение вещества**

Роль материалов в техническом прогрессе человечества. Основные этапы развития материаловедения и роль русских ученых. Основные направления в развитии современного материаловедения.

Строение вещества на атомарном, молекулярном и микроструктурном уровнях; аморфные и кристаллические вещества. Общая характеристика атомно-молекулярного строения материалов. Классификация кристаллических решеток по типу связи и симметрии решеток, индексы плоскостей и

направлений. Дефекты в реальных кристаллах и их влияние на физико-механические свойства. Свойства материалов. Методы определения механических свойств.

### **Тема 2.2. Кристаллизация металлов и сплавов**

Термодинамические основы фазовых превращений. Основные закономерности процесса кристаллизации. Строение металлического слитка. Факторы, влияющие на размер зерна. Сущность модифицирования с целью измельчения зерна. Гомогенная и гетерогенная кристаллизации. Взаимодействие компонентов в сплавах. Общая характеристика, основы строения, условия образования и отличительные особенности химических соединений, твердых растворов и механических смесей. Правила построения диаграмм состояния. Диаграммы состояния двойных сплавов. Диаграмма состояния железо – цементит. Железоуглеродистые сплавы. Классификация углеродистых сталей, по химическому составу, структуре и назначению. Влияние углерода и постоянных примесей на структуру и свойства сталей. Влияние легирующих элементов на структуру, точки полиморфных превращений и свойства сталей. Классификация и назначение чугунов.

### **Тема 2.3. Структурные превращения в сталях при нагреве и охлаждении**

Структурные превращения в сталях при нагреве, наследственно мелко- и крупнозернистые стали, влияние на них легирующих элементов. Перегрев и пережег сталей. Превращения в сталях при охлаждении. Диаграмма изотермического распада переохлажденного аустенита.

### **Тема 2.4. Закалка сталей. Отжиги I и II рода**

Закалка стали. Выбор температуры закалки и времени нагрева. Закалочные среды. Критическая скорость закалки. Закаливаемость и прокаливаемость сталей. Виды закалки. Дефекты закалки, и методы их устранения и предотвращения. Отпуск сталей. Виды и назначение отпуска, структурные превращения, происходящие при отпуске и их влияние на механические свойства сталей. Улучшение сталей. Влияние легирующих элементов на температуру отпуска. Отпускная хрупкость и методы ее устранения. Отжиг сталей. Виды отжигов I и II рода, назначение, технологические режимы. Нормализация, технологические режимы и применение. Термомеханическая обработка сталей.

### **Тема 2.5 Основные стадии и закономерности ХТО. Цементация стали**

Физические основы ХТО, основные стадии и закономерности. Цементация, виды, технологические режимы, науглероживающая среда, толщина эффективного слоя, структура на поверхности и в центре заготовки, термическая обработка после науглероживания, структура поверхностного слоя и в сердцевине после термической обработки. Цементуемые стали и их применение.

### **Тема 2.6 Азотирование, нитроцементация, цианирование, борирование, силицирование**

Азотирование, технологические режимы и структура поверхностного слоя. Азотируемые стали и области применения азотирования. Термообработка

деталей при азотировании. Нитроцементация, цианирование, борирование, силицирование. Диффузионная металлизация. Технологические режимы, насыщающая среда и области применения.

### **Тема 2.7. Конструкционные легированные стали**

Сущность легирования стали. Влияние легирующих элементов на механические и технологические свойства стали. Условное обозначение легированных сталей. Классификация легированных сталей по структуре в равновесном состоянии, по степени легирования, по числу компонентов, по составу, по назначению. Классификация и маркировка конструкционных легированных сталей. Строительные конструкционные стали. Машиностроительные стали общего назначения (цементуемые и улучшаемые). Стали специального назначения: автоматные, рессорно-пружинные и шарикоподшипниковые стали. Износостойкие, коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные стали. Особенности состава их свойств. Структурные классы легированных сталей. Выбор материалов для деталей конструкционного назначения.

### **Тема 2.8. Инструментальные стали. Стали и сплавы со специальными свойствами**

Классификация инструментальных сталей по теплостойкости и по назначению. Маркировка. Стали для режущего инструмента. Штамповые стали. Стали для измерительного инструмента. Особенности структуры и свойств инструментальных сталей. Выбор материалов для деталей инструментальной технологической оснастки. Стали и сплавы со специальными свойствами.

### **Тема 2.9. Чугуны**

Диаграмма «железо-углерод». Особенности строения и свойств белых, серых, высокопрочных, ковких и вермикулярных чугунов. Термическая и химико-термическая обработка чугунов. Области их применения. Влияние легирующих элементов на структуру и свойства чугунов.

### **Тема 2.10. Цветные металлы и сплавы. Сплавы на основе меди и алюминия**

Сплавы на основе меди. Латунь, состав, структура, классификация по технологическим признакам, маркировка и области применения. Бронзы, химический состав, классификация по составу и технологическим признакам. Структура, термическая обработка, области применения. Медно-никелевые сплавы. Материалы с малой плотностью Сплавы на основе алюминия: свойства алюминия Общая характеристика и классификация алюминиевых сплавов Старение, термообработка алюминиевых сплавов, области применения алюминиевых сплавов.

### **Тема 2.11. Сплавы на основе магния и титана**

Сплавы на основе магния, свойства магния Общая характеристика и классификация магниевых сплавов. Особенности структуры и свойств. Обозначение, области применения магниевых сплавов. Антифрикционные сплавы. Припои. Материалы с высокой удельной прочностью Титан и сплавы на его основе, свойства титана. Общая характеристика и классификация



титановых сплавов, особенности обработки. Особенности структуры и свойств. Области применения.

### **Тема 2.12. Полимерные материалы для аддитивных технологий**

Характеристика рынка, целевые задачи, критерии выбора аддитивных технологий. Аддитивные технологии в Беларуси. Терминология и классификация аддитивных технологий по формированию слоя, подводу энергии, используемому материалу. Классификация по стандарту ASTM. Классификация применяемых материалов: жидкие фотополимеры, сыпучие (полимеры, металлы, пески), прутковые (полимеры, металлы, армированные и наполненные полимеры); листовые (полимеры, металлы).

Классификация полимерных материалов: термопласты, реактопласты. Механические, теплофизические и диэлектрические свойства. Влияние молекулярной структуры, условий получения и внешней среды. Области применения. Вязкие свойства полимерных материалов. Законы течения. Влияние параметров на показатели вязкости. Методы определения показателей вязких свойств полимерных и олигомерных материалов.

### **Тема 2.13. Кинетика отверждения термореактивных материалов**

Воздействие тепла, УФ-излучения, лазера. Методы описания и определения параметров. Тепловые эффекты при отверждении. Примеры фотополимеров: акриловые, эпоксидные и др. Особенности прохождения реакций, физико-механические и технологические свойства, структура, получение, использование.

### **Тема 2.14. Дисперсные (порошкообразные) полимерные материалы**

Методы получения порошков и контроля параметров. Основные технологические свойства порошков. Примеры порошкообразных полимерных материалов: ПА, ПС, ПММА и др. Физико-механические и технологические свойства, структура, использование. Прутковые (нитевидные) полимерные материалы. Получение прутков. Основные технологические свойства непрерывных полимерных материалов. Примеры прутковых полимерных материалов: ПА, АБС-подобные, ПС, ПЛА и др. Физико-механические и технологические свойства, структура, использование. Листовые (пленочные) полимерные материалы. Получение пленок. Примеры используемых полимеров. Физико-механические и технологические свойства, структура, использование. Полимеры со специальными свойствами. Добавки, изменяющие основные характеристики полимеров (пластификаторы, стабилизаторы, модификаторы, пигменты).

### **Тема 2.15. Назначение наполнителя**

Основные требования. Классификация. Волокнистые и дисперсные наполнители, особенности структуры и свойств. Роль наполнителей в формировании свойств. Волокнистые наполнители. Стекланные элементарные волокна. Классификация, способы получения, физико-механические свойства. Стекловолокнистые материалы (нити, ровинги). Способы получения. Особенности свойств. Области применения. Модифицирование поверхности наполнителя.

Углеродные волокна, получение, классификация, структура и физико-

механические характеристики. Углеродные волокнистые материалы (нити), особенности свойств. Области применения.

Волокнистые и дисперсные наполнители растительного происхождения (древесные волокна и отходы переработки древесины; лен, льнокостра). Особенности свойств. Области применения. Дисперсные наполнители. Классификация, особенности свойств, влияние на свойства полимерных материалов. Примеры дисперсных наполнителей: мел, тальк, каолин, металлические порошки, нанотрубки и др.

#### **Тема 2.17. Технологии получения прутков**

Параметры технологического процесса, влияющие на физико-механические и технологические свойства получаемых стренг (прутков), структура, использование. Однонаправленные материалы. Особенности метода получения стренг на основе термопластичных полимеров и непрерывных стеклянных или углеродных наполнителей. Параметры структуры и свойства однонаправленных материалов. Получение изделий.

Композиции дисперсных наполнителей с полимерными матричными материалами. Особенности метода получения стренг. Параметры структуры и свойства. Получение изделий.

#### **Тема 2.18. Классификация керамик, применяемых в аддитивных технологиях**

Основные физико-механические и технологические свойства. Методы контроля свойств. Порошкообразные керамические материалы. Методы получения: совместное соосаждение, распыление, криогенный и др. методы. Примеры керамических порошков для аддитивных технологий: пески кварцевые, циркониевые, глины и др.

#### **Тема 2.19. Получение порошковых композиций**

Физико-механические и технологические свойства, структура, использование. Термическая постобработка. Пастообразные керамические материалы. Получение паст (коллоидных систем). Физико-механические и технологические свойства пастообразных керамических материалов, структура, использование. Термическая постобработка.

#### **Тема 2.20. Вяжущие материалы для аддитивных технологий**

Классификация вяжущих материалов, применяемых в аддитивных технологиях. Основные физико-механические и технологические свойства. Методы контроля свойств. Примеры вяжущих материалов: бетоны, цементы, строительные смеси, и др., в том числе наполненные. Технологии получения, особенности свойств, применение.

#### **Тема 2.21. Материалы платформы**

Устройство и назначение платформы, используемые подходы и материалы для обеспечения направленной адгезии. Материалы платформы: стекло, металлы, акрил и др.

#### **Тема 2.22. Поддерживающие материалы**

Назначение, основные требования к поддерживающим материалам. Примеры, использование, свойства.

### **Тема 2.23. Механическая обработка изделий, полученных по аддитивным технологиям**

Отделение от стола, удаление поддержки, сверление, фрезерование и др. Химическая обработка. Удаление поддержки, повышение качества поверхности.

### **Тема 2.24. Растворители для химической обработки, растворимость основного материала и материала поддержки**

Применение методов для обработки поверхности: окунание, распыление и др. Соединение деталей. Печать изделий из нескольких материалов для термодинамически несовместимых полимеров. Разработка сборной конструкции на стадии проектирования.

## **3. Наименование тем и их содержание по учебной дисциплине «Аддитивные технологии в производстве»:**

### **Тема 3.1. Общая характеристика и перспективы развития аддитивных технологий**

Базовые принципы, инженерно-технологические особенности и предпосылки создания, развития аддитивных технологий.

Основная терминология и стандарты в области аддитивных технологий. Классификационные признаки аддитивных процессов в рамках стандартов ASTM.

Технико-экономические аспекты эффективности и направления развития аддитивных технологий.

Характеристика и тенденции развития рынка аддитивных технологий.

### **Тема 3.2. Характеристика процессов аддитивного производства полимерных изделий**

Общая классификация, характеристики и область применения процессов производства изделий из полимерных материалов.

Стериолитография (SLA). Принципы, характеристики, особенности процессов фотополимерной печати.

Фотополимерная печать. Применяемые материалы, работа и характеристики основного технологического оборудования.

FDM печать. Принципы, характеристики, особенности процессов термоэкструдерной печати. Применяемые материалы, работа и характеристики основного технологического оборудования.

Финишная обработка полимерных изделий. Пастообработка изделий из полимерных материалов. Работа и характеристики основного технологического оборудования.

### **Тема 3.3. Характеристика процессов аддитивного производства изделий из металлов и сплавов**

Общая классификация, характеристики и область применения процессов производства изделий из металлов и сплавов.

SLS печать металлами. Принципы, характеристики, особенности процессов группы Bed Deposition.

DMD печать металлами. Принципы, характеристики, особенности процессов группы Direct Deposition.

Характеристика материалов для 3D печати металлами и сплавами. Виды материалов, их свойства и целевое применение.

Методы получения металлических порошков. Характеристика рынка производителей металлокерамики.

Оборудование для производства металлопорошков. Производители атомайзеров и поставщики металлопорошковых композиций для использования в АМ-машинах.

Финишная обработка печатных изделий из металлов и сплавов. Работа и характеристики основного технологического оборудования для получения металлических порошков.

#### **Тема 3.4. Характеристика процессов аддитивного производства изделий из минеральных материалов и керамики**

Производство изделий из материалов на минеральной основе. Общая классификация, характеристики и область применения процессов производства изделий из минеральных материалов и керамики.

Разновидности, принципы, характеристики, особенности основных процессов.

Применяемые материалы, работа и характеристики основного технологического оборудования.

Организационно-производственные основы промышленного 3D принтинга. Цели и задачи применения аддитивных технологий в производстве. Технические, технологические и экономические аспекты.

#### **Тема 3.5. Основные направления и особенности организации аддитивных производственных процессов**

Аддитивные технологии и топологическая оптимизация. Задачи, принципы и методы оптимизации конструкций

Аддитивные технологии и быстрое прототипирование. Прототип и опытный образец технологии, методы конструирования и производства опытных образцов.

Аддитивное производство технологической оснастки. Задачи, принципы, методы оперативного производства и внедрения технологической оснастки.

Аддитивные технологии и литейное производство. Задачи, принципы, методы оперативного производства и изготовления уникальных отливок.

Аддитивное производство и комплексное освоение проектных решений.

#### **Тема 3.6. Аддитивные технологии в медицине**

Цифровые медицинские данные, их обработка, объемная визуализация. Реверс инженерии, методы и способы преобразования рентген-данных в построении 3D моделей.

Методы сегментации и построения 3D модели.

Виртуальное планирование медицинских манипуляций. Проектирование лангет и шаблонов, способы и манипуляции постановки имплантов и крепежных элементов.

Создание хирургических шаблонов и прототипов.

Создание эндо-, экзопротезов.

Перспективы и направления развития аддитивных технологий. Анализ сегментов рынка аддитивных технологий, их развития, новые направления и возможности.

**4. Наименование тем и их содержание по учебной дисциплине «Охрана труда»:**

#### **Тема 4.1 Основные положения законодательства по охране труда**

Организация охраны труда на предприятии. Отражение вопросов труда в законодательных актах Республики Беларусь. Нормы и правила в области охраны труда. Контроль в области охраны труда. Обязанности нанимателя в области охраны труда. Инструктаж и обучение работников. Аттестация рабочих мест по условиям труда.

#### **Тема 4.2. Производственный травматизм и профессиональные заболевания**

Классификация причин производственного травматизма и профзаболеваний. Методы анализа производственного травматизма. Расследование и учет несчастных случаев и профессиональной заболеваемости на производстве.

#### **Тема 4.3. Оздоровление воздушной среды, нормализация параметров микроклимата в производственных помещениях**

Характеристика воздушной среды. Причины загрязнения воздушной среды. Классификация вредных веществ, их воздействие на организм человека. Производственные пыли. Нормирование содержания вредных веществ в воздухе.

Характеристика метеорологических условий. Влияние параметров микроклимата их совместное действие на организм человека. Нормирование параметров микроклимата. Мероприятия по оздоровлению воздушной среды производственных площадей. Тепловые излучения, их воздействие на человека. Меры защиты от тепловых излучений. Методы и приборы контроля параметров воздушной среды.

Классификация систем вентиляции. Требования к системам вентиляции. Естественная вентиляция. Механическая вентиляция. Местная вентиляция. Системы отопления, кондиционирования воздуха. Методика расчета воздухообмена и систем вентиляции для производственных помещений.

#### **Тема 4.4. Производственное освещение**

Освещение производственных площадей предприятий. Количественные и качественные показатели освещения. Виды и системы освещения. Нормирование показателей освещения. Источники света. Методы расчета естественного и искусственного освещения.

#### **Тема 4.5. Производственный шум**

Основные физические характеристики шума. Источники шума. Воздействие шума на организм человека. Классификация шумов, их характеристики. Нормирование шума. Способы и средства защиты от шума. Характеристика ультразвука и инфразвука. Воздействие на человека, нормирование, методы защиты и контроля.

#### **Тема 4.6. Производственная вибрация**

Физические характеристики вибрации. Источники и причины вибрации. Виды и классификация вибрации. Действие вибрации на организм человека. Нормирование вибрации. Контроль параметров вибрации. Методы обеспечения вибробезопасных условий труда.

#### **Тема 4.7. Электромагнитные и электростатические поля, ионизирующее и лазерное излучения**

Источники электромагнитных полей, воздействие на организм человека. Нормирование электромагнитных полей. Методы защиты работающих от электромагнитных полей.

Причины возникновения статического электричества. Воздействие его на организм человека. Нормирование электростатических полей. Меры защиты. Ионизирующие излучения, нормирование, меры защиты. Лазерное излучение, воздействие на организм, меры защиты.

#### **Тема 4.8. Охрана труда при работе с ПЭВМ**

Характеристика вредных и опасных производственных факторов. Обеспечение санитарно-гигиенических условий безопасности работы на ПЭВМ, эргономические требования к рабочему месту.

#### **Тема 4.9. Электробезопасность**

Электробезопасность. Действие электрического тока на организм человека. Виды поражений. Причины поражения электрическим током. Факторы, влияющие на исход поражения электрическим током. Напряжение прикосновения и напряжение шага.

Классификация помещений по опасности поражения электрическим током. Меры защиты от поражения электрическим током. Первая помощь.

#### **Тема 4.10. Безопасность устройства и эксплуатации грузоподъемных машин и механизмов**

Требования безопасности, предъявляемые к конструкциям машин и оборудования. Опасные зоны оборудования. Техническое освидетельствование и требования безопасности при эксплуатации подъемно-транспортного оборудования.

#### **Тема 4.11. Безопасность технологических процессов и производственного оборудования**

Требования безопасности технологических процессов и производственного оборудования, при работе гидропневмосистем. Опасные зоны.

Требования безопасности к устройству и содержанию промышленных предприятий и цехов. Санитарная классификация предприятий. Санитарно-защитная зона. Требования безопасности к устройству помещений цехов.

#### **Тема 4.12. Безопасность систем, находящихся под давлением**

Причины аварий. Герметичность устройств и установок. Безопасность эксплуатации систем, находящихся под давлением. Требования к баллонам для хранения и транспортировки сжиженных и сжатых газов.

#### **Тема 4.13. Процессы горения, показатели взрывопожарной и пожарной опасности веществ, материалов, зданий и сооружений**

Характеристика процессов горения. Горение жидкостей, газов и пылей. Причины пожаров. Показатели пожарной опасности строительных материалов и конструкций. Способы прекращения горения.

#### **Тема 4.14. Мероприятия по пожарной профилактике, средства пожаротушения**

Огнестойкость зданий и сооружений. Пожарная профилактика при проектировании и строительстве промышленных предприятий. Средства пожаротушения. Организация работ по пожарной безопасности.

### **5. Наименование тем и их содержание по учебной дисциплине «Проектирование технологического оборудования для трехмерных технологий»:**

#### **Тема 5.1. Применение типовых пневматических элементов и арматуры**

Основные элементы пневматических систем: пневмоцилиндры, пневмодвигатели, пневмораспределители ручного и дистанционного действия, системы подготовки сжатого воздуха и др. пневмосистемы.

#### **Тема 5.2. Применение типовых гидравлических элементов и арматуры**

Основные элементы гидравлических систем: гидроцилиндры, гидродвигатели, гидрораспределители ручного и дистанционного действия, гидростанции и др. системы.

#### **Тема 5.3. Применение типовых механических и электромеханических элементов и арматуры**

Типовые решения преобразования движения и создания усилия.

#### **Тема 5.4. Применение типовых решений в приводной технике**

Силовые и исполнительные приводы технологических машин. Электродвигатели, редукторы, мотор-редукторы, открытые зубчатые передачи, ременные и цепные передачи и др.

#### **Тема 5.5. Системы управления и датчики**

Применение типовых датчиков и систем преобразования сигнала: датчики температуры, датчики давления, датчики расхода, резисторные и ультразвуковые, световые датчики положения, энкодеры и др. Применение индивидуальных контроллеров и комплексные системы, силовая электроника.

#### **Тема 5.6. Экструдеры для изготовления филамента**

Энергосиловые параметры процесса переработки пластмасс с различными динамометрическими кривыми. Конструкции приводов

экструдеров. Конструкции шнеков. Нагревательные элементы и устройства экструдеров.

#### **Тема 5.7. Оборудование для изготовления порошков**

Конструкция и принцип действия вертикальных атомизаторов для распыления в защитной среде. Конструкция и принцип действия атомизаторов для распыления в водной среде. Конструкция и принцип действия механических устройств для размола шихты.

#### **Тема 5.8. Оборудование для послойного построения изделия из расплавленной пластиковой нити**

Устройство и принцип действия термоэкструзионных 3D-принтеров (технология FDM - Fused Deposition Modeling). Конструкция экструдера и принципы расчета его элементов. Приводы и конструкционные элементы принтеров с декартовыми и дельта приводами.

#### **Тема 5.9. Оборудование для селективного лазерного сплавления металлических (SLM - Selective Laser Melting) и спекания полимерных порошков (SLS - Selective Laser Sintering)**

Конструкция и расчет основных элементов установок, применяющих лазерные и пучковые технологии для нагрева порошков различной природы. Принципиальные схемы и устройство принтеров послойной печати и коаксиального нанесения наплавленного слоя.

#### **Тема 5.10. Оборудование для лучевой стереолитографии**

Конструкция и расчет основных элементов установок, применяемых для отверждения жидкого фотополимерного материала под действием лазерного или ультрафиолетового излучения.

#### **Тема 5.11. Оборудование для многокоординатной лезвийной обработки сложнопрофильных поверхностей**

Устройство и принцип действия 3-х, 4-х и 5-ти координатных фрезерных и токарных обрабатывающих центров. Применяемый инструмент.

#### **Тема 5.12. Роботехнические комплексы для осуществления наплавочных, сварочных и разделительных работ**

Оборудование для коаксиальной наплавки, основанной на лазерном, электронно-лучевом и плазменном воздействиях. Роботизированные комплексы для аддитивной наплавки проволокой.



## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1. По учебной дисциплине *«Конструирование и расчет изделий»*:

#### 1.1. Основная литература:

1. Детали машин: учебник для вузов / Л.А. Андриенко [и др.]; под ред. О.А. Ряховского. – Москва: МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 520 с.
2. Иванов, М.Н. Детали машин : учебник для втузов / М.Н. Иванов; под ред. В.А. Финогенова. – Москва: Высш. школа, 2000. – 408с.
3. Леликов, О.П. Основы расчёта и проектирования деталей и узлов машин. Конспект лекций по курсу «Детали машин» / О.П. Леликов. – Москва: Машиностроение, 2004. – 440 с.
4. Решетов, Д.Н. Детали машин : учебник для машиностр. спец. вузов / Д.Н. Решетов. – Москва: Машиностроение, 1989. – 496с.
5. Скойбеда А.Т. И др. Детали машин и основы конструирования : учебник для вузов / Т.А. Скобейда [и др.]; под общ. ред. А.Т. Скойбеда. – Минск: Выш. шк., 2006. – 560 с.

#### 1.2. Дополнительная литература:

1. Иванов, М.Н. Волновые зубчатые передачи / М.Н. Иванов. – Москва: Высшая школа, 1988. – 368 с.
2. Кудрявцев, В. Н. Детали машин : учебник для студ. машиностр. спец. вузов / В.Н. Кудрявцев. – Ленинград: Машиностроение, 1980. – 464 с.
3. Олофинская, В. П. Детали машин : краткий курс и тестовые задания / В. П. Олофинская. – Москва: Форум, 2010. – 207 с.
4. Учаев, П.Н. Детали машин и основы конструирования. Основы конструирования. Вводный курс: учебник для вузов / П. Н. Учаев, С. Г. Емельянов, С.П. Учаева; под общ. ред. П.Н. Учаева. – Старый Оскол: ТНТ, 2013. – 199 с.
5. Хруничева, Т.В. Детали машин: типовые расчёты на прочность: учеб. пособие / Т.В. Хруничева. – Москва: ИД Форум, Инфра-М, 2009. – 224 с.
6. Родионов, Ю.В. Детали машин и основы конструирования: краткий курс: учебное пособие / Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин, В.Г. Однолько; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». – Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2017. – Ч. 2. – 89 с.: ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499042>. – Библиогр.: с. 77. – ISBN 978-5-8265-1728-4. – Текст: электронный.
7. Никитин, Д.В. Детали машин и основы конструирования: учеб. пособие / Д.В. Никитин, Ю.В. Родионов, И.В. Иванова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». – Тамбов:

Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – Ч. 1. Механические передачи. – 113 с.: ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444963>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8265-1391-0 (общ.). – ISBN 978-5-8265-1398-9 (Ч. 1). – Текст: электронный.

8. Детали машин и основы конструирования: учеб. пособие/ В.В. Воробьев, А.Д. Ковергин, Ю.В. Родионов и др.; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет». – Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 172 с.: ил., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278004>. – Библиогр.: с. 152. – Текст: электронный.

9. Усманов Р.А. Расчёт и конструирование деталей машин: тексты лекций / Р.А. Усманов; Министерство образования и науки России, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет». – Казань: Казанский научно-исследовательский технологический университет, 2014. – 168 с.: табл., схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428795>. – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7882-1645-4. – Текст: электронный.

## 2. По учебной дисциплине **«Основы материаловедения и структурообразования»:**

### 2.1. Основная литература

1. Материаловедение: учебник / В.А. Струк [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2008. – 519 с.

2. Материаловедение: учеб. пособие для вузов / И.М. Жарский [и др.]. – Минск : Выш. школа, 2015. – 557с.

3. Каллистер, У.Д. Материаловедение: от технологии к применению. Металлы, керамики, полимеры / У.Д. Каллистер. – Санкт-Петербург: ЦОП Профессия, 2015 – 900 с.

4. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / под ред. Л.А. Берлина. – Санкт-Петербург: ЦОП Профессия, 2014 – 592 с.

### 2.2. Дополнительной литература

1. Перепелкин, К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты / К.Е. Перепелкин. – Санкт-Петербург: ЦОП Профессия, 2015. – 380 с.

2. Бобович, Б.Б. Полимерные конструкционные материалы (структура, свойства, применение): учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / Б.Б. Бобович. – Москва: Форум, 2014. – 398 с.

3. Михайлин, Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы / Ю.А. Михайлин. – Санкт-Петербург: ЦОП Профессия, 2015. – 822 с.

4. Лахтин, Ю.М. Материаловедение / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – Москва: «Машиностроение», 1990. – 528с.

5. Материаловедение / Б.И. Арзамасов [и др.]. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 648 с.

6. Тарасенко, Л.В. Материаловедение: учеб. пособие для вузов / Л.В. Тарасенко. – Москва: НИЦ Инфра-М, 2017. – 475 с.

7. Винников, В.П. Методы получения нанодисперсных порошков / В. П. Винников, М.Б. Генералов. – Санкт-Петербург: ЦОП Профессия, 2016. –240 с.

8. Воробьева, Г.А. Конструкционные стали и сплавы : учеб. пособие / Г.А. Воробьева, Е.Е. Складнова, В.К. Ерофеев, А.А. Устинова ; под ред. Г.А. Воробьевой. – Санкт-Петербург : Политехника, 2013. – 440 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447615> (дата обращения: 06.02.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7325-1010-2. – Текст : электронный.

9. Основы материаловедения: учеб. пособие / Е.А. Астафьева [и др.]. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2013. – 152 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364047> (дата обращения: 06.02.2020). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7638-2779-8. – Текст: электронный.

10. Кенько, В.М. Материаловедение : электронный учебно-методический комплекс / В.М. Кенько. – Гомель : ГГТУ, 2010.

11. Пластик для 3D печати поддержки HIPS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://250041.ua.all.biz/plastik-dlya-3d-pechati-podderzhki-hips-g8707738>. – Дата обращения: 09.06.2020

12. Обзор производителей расходных материалов для FDM 3D-принтеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://geektimes.ru/post/231299/>– Дата обращения: 09.06.2020

13. Этапы 3D-печати. Цифровая модель с поддерживающими конструкциями [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.orgprint.com/wiki/3d-pechat/Jetapu-3D-pechati>. – Дата обращения: 09.06.2020)

15. Технологии лазерного аддитивного производства металлических изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geektimes.ru/post/218271/> – Дата обращения: 09.06.2020)

16. Выборочное лазерное спекание [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://3dtoday.ru/wiki/SLS\\_print/](http://3dtoday.ru/wiki/SLS_print/)– Дата обращения: 09.06.2020

### 3. По учебной дисциплине «**Аддитивные технологии в производстве**»:

#### 3.1. Основная литература

1. Выбор и применение материалов: учеб. пособие / Н.А. Свидунович [и др.] ; под ред. Н.А. Свидуновича. – Минск : Беларуская навука, 2019. – 625 с.

2. Каменев, С.В. Технологии аддитивного производства : учеб. пособие / С.В. Каменев, К.С. Романенко. – Оренбург : Оренбургский государственный университет, 2017. – 145 с. – ISBN 978-5-7410-1696-1. –URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481769> (05.07.2019)

3. Комаров, О.С. Материаловедение в машиностроении : учебник / О. С. Комаров, Л. Ф. Керженцева, Г. Г. Макаева ; под ред. О. С. Комарова. – Минск : Вышэйшая школа, 2009. – 304 с

4. Материаловедение и технология конструкционных материалов : учеб. пособие для вузов / под общ. ред. О.С. Комарова. – Минск : Новое знание, 2009. – 670 с.

5. Материаловедение. Технология конструкционных материалов : учеб. пособие / под ред. В.С. Чередниченко. – Москва : Омега-Л, 2008. – 751 с.

### 3.2. Дополнительная литература

1. Бондалетова, Л.И. Полимерные композиционные материалы: учеб. пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.

2. Михайлин, Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы / Ю.А. Михайлин. – Санкт-Петербург: ЦОП Профессия, 2015. – 822 с.

3. Материаловедение: справочные материалы / авт.-сост. В.А. Брагин, Э.А. Бубнов, В.С. Крохалев. – Екатеринбург, 2018. – 194 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=498300> (дата обращения: 29.01.2020). – Библиогр.: с. 166-168. – Текст : электронный.

4. Материаловедение: учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов [и др.]. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 468 с.

5. Рогов, В.А. Новые материалы в машиностроении: учеб. пособие / В.А. Рогов, В.В. Соловьев, В.В. Копылов. – Москва: РУДН, 2008. – 324 с.

6. Технологии лазерного аддитивного производства металлических изделий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://geektimes.ru/post/218271/> – Дата обращения: 20.06.2019).

7. Кенько, В.М. Материаловедение : электронный учебно-методический комплекс / В.М. Кенько. – Гомель : ГГТУ, 2010.

8. Зленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров. / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. – Москва: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. - 220 с.

9. Александрова, В.В. 3D-технология и когнитивное программирование / В.В. Александрова, А.А. Зайцева // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2012. – №5. – Т.10. – С. 61-64.

### 4. По учебной дисциплине «*Охрана труда*»:

#### 4.1. Основная литература

1. Лазаренков, А.М. Охрана труда в машиностроении: учеб. пособие / А.М. Лазаренков, Б.М. Данилко. – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – 287 с.

2. Лазаренков, А.М. Охрана труда: учебник для студентов вузов / А.М. Лазаренков, В.А. Калиниченко. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 463 с.

3. Охрана труда в машиностроении: учебник / под ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова. – Москва: Машиностроение, 1983. – 432 с.

#### 4.2. Дополнительная литература

1. Челноков, А.А. Охрана труда: учеб. пособие / А.А. Челноков, Л.Ф. Ющенко. - Минск: Выш. школа, 2007. - 456 с.

2. Вашко, И. М. Охрана труда: ответы на экзаменационные вопросы / И.М. Вашко. – Минск: ТетраСистемс, 2010. – 208 с.

3. Куценко, Г.Ф. Охрана труда в электроэнергетике: практ. пособие / Г.Ф. Куценко. – Минск: Дизайн ПРО, 2005. – 784 с.

4. Михнюк, Т.Ф. Охрана труда: учеб. пособие для студентов учреждений, обеспечивающих получение высшего образования по специальностям в области радиоэлектроники и информатики / Т.Ф. Михнюк. – Минск: ИВЦ Минфина, 2007. – 320 с.

5. Ковальчук, А.В. Охрана труда : курс лекций / А.В. Ковальчук. – Гомель: БТЭУ ПК, 2014. – 108 с.

6. Герасимова, О.В. Охрана труда: электронный учебно-методический комплекс / О.В. Герасимова. – Гомель: ГГТУ, 2011. – Режим доступа <https://elib.gstu.by>.

7. Об охране труда: Закон Республики Беларусь от 23 июня 2008 г. №356-3 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2008. – №2.

8. Трудовой кодекс Республики Беларусь: с изменением, внесенным Законом Республики Беларусь от 1 июня 2014 г. – Минск: Национальный центр правовой информации Республики Беларусь, 2014. – 254 с.

9. О пожарной безопасности: Закон Республики Беларусь от 15.06.1993г № 2403-ХІІ (с изм. и доп. от 14.06.2007 № 239-3).

10. Лепшая, Н.А. Охрана труда: электронный учебно-методический комплекс для студентов технических и экономических специальностей / Н.А. Лепшая, А.М. Урбанович, В.Ф. Буренков. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2011г. – <https://elib.gstu.by>.

#### 5. По учебной дисциплине **«Проектирование технологического оборудования для трехмерных технологий»:**

##### 5.1. Основная литература

1. Попов Д. Н. Механика гидро- и пневмоприводов: учебник для вузов / Д. Н. Попов. – Москва: Изд-во МГТУ, 2002. – 319 с.

2. Зленко, М.А. Аддитивные технологии в машиностроении: учеб. пособие / М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина. – Санкт-Петербург: СПбГУ, 2013. – 221 с.

3. Красовский, А.Я. Локальные системы автоматизации : конспект лекций для студентов специальности 1-53 01 07 «Информационные технологии и

управление в технических системах» всех форм обучения / А.Я. Красовский. – Минск: БГУИР, 2008. – 173 с.

4. Каменев, С.В. Технологии аддитивного производства: учеб. пособие / С.В. Каменев, К.С. Романенко; Оренбургский государственный университет. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2017. – 145 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=481769> (дата обращения: 24.09.2021). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7410-1696-1

5. Солнцев, Ю.П. Материаловедение специальных отраслей машиностроения: учеб. пособие / Ю.П. Солнцев, В.Ю. Пирайнен, С.А. Вологжанина; ред. Ю. П. Солнцев. – Санкт-Петербург: Химиздат, 2020. – 784 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=98341> (дата обращения: 24.09.2021). – Библиогр.: с. 779-783. – ISBN 978-5-93808-356-1

6. Максимова, А. А. Инженерное проектирование в средах CAD: геометрическое моделирование средствами системы «КОМПАС-3D» / А.А. Максимова. – Красноярск: Сибирский федеральный университет (СФУ), 2016. – 238 с. : ил.,табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497289> (дата обращения: 24.09.2021). – Библиогр.: с. 233. – ISBN 978-5-7638-3367-6

7. Шеина, Т. Н. Архитектурное материаловедение: учеб. пособие/ Т.Н. Шеина; Самарский государственный архитектурно-строительный университет. – Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2013. – Ч. 2. – 347 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=256150> (дата обращения: 24.09.2021)

## 5.2. Дополнительная литература

1. [Динамический расчет гидравлических следящих приводов: учебно-методическое пособие по дисциплине «Теория и проектирование гидропневмоприводов» для студентов специальности «Гидропневмосистемы транспортных и технических машин» / В.П. Автушко, М.И. Жилевич, П.Н. Кишкевич. – Минск: БГПА, 1998. – 43 с.](#)

2. Пневматические устройства и системы: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 1-36 20 04 «Вакуумная и компрессорная техника» / Е.П. Орлова. – Минск: БНТУ, 2011. – 38 с.