

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

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор  
УО «ГГТУ им. П.О. Сухого»

\_\_\_\_\_ О.Д. Асенчик  
(подпись)

\_\_\_\_\_ 01.07. 2021  
(дата утверждения)

Регистрационный № УД –31–46 /уч.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ  
ДЛЯ ТРЕХМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности

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

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

#### СОСТАВИТЕЛЬ:

И.Н. Степанкин, заведующий кафедрой «Материаловедение в машиностроении» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого».

#### РЕЦЕНЗЕНТЫ:

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

С.П.Богданович, заведующий сектором ГНУ «Институт механики металлополимерных систем имени Белого НАН Беларуси, к.т.н., доцент.

#### РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Материаловедение в машиностроении» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 30.04.2021 г.);

Научно-методическим советом механико-технологического факультета учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 5 от 27.05.2021 г.); УД 080 – 4 /уч.

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» (протокол № 6 от 30.06.2021 г.).

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Проектирование технологического оборудования является дисциплиной, формирующей у студентов компетенции, необходимые для объективной оценки работоспособности, надежности и функциональной пригодности оборудования для трехмерных технологий в процессе осуществления аддитивных и других трехмерных процессов синтеза изделий. Изучение устройства и основ проектирования оборудования для трехмерных технологий способствует формированию у студентов научно-обоснованного подхода к усовершенствованию и модернизации применяемого оборудования, оценки его ремонтпригодности, а также сопоставления технико-экономических характеристик определенных единиц технических устройств при их приобретении для решения поставленных производственных задач.

### *Цель дисциплины:*

- сформировать естественнонаучное мировоззрение и развить технический кругозор будущих специалистов в области проектирования, эксплуатации, ремонта и оценки функциональной пригодности представленных на рынке единиц оборудования для трехмерных технологий;

- дать будущим инженерам базовые научно-теоретические знания, являющиеся основой для понимания и усвоения общеобразовательных, общетехнических и специальных дисциплин, позволяющих овладеть междисциплинарным подходом при решении теоретических и практических задач в своей деятельности с применением различных технологических комплексов 3-х, 4-х и 5-ти координатной обработки в области синтеза трехмерных изделий.

### *Задачи дисциплины:*

- научить основам выбора современного оборудования для трехмерных технологий применительно к конкретным производственным задачам;

- дать основные понятия и закономерности функционирования оборудования для трехмерных технологий;

- дать студентам систематические сведения о группах 3D-принтеров, сканеров, многокоординатных сварочных манипуляторов и металлорежущих станков 3-х, 4-х и 5-ти координатной обработки;

- дать студентам сведения об основных материалах и методах их обработки при изготовлении деталей и узлов оборудования для трехмерных технологий, механических, технологических и эксплуатационных свойствах материалов в изделии, полученном с помощью аддитивных технологий и классическими методами обработки лезвийным инструментом.

В результате изучения дисциплины «Проектирование технологического оборудования для трехмерных технологий» студент должен:

### *знать:*

- виды и устройство оборудования для трехмерных технологий;

- особенности технологических процессов, реализуемых на определенном типе оборудования;

- основные элементы оборудования для трехмерных технологий и их функциональные показатели;

- особенности взаимодействия приводов технических систем оборудования с исполнительными органами, а также принципы выбора определенной конструкции узлов и деталей оборудования для трехмерных технологий;
- области эффективного применения материалов для изготовления деталей и узлов оборудования для трехмерных технологий;

*уметь:*

- формулировать концепцию использования оборудования по конъюнктурным показателям;
- прогнозировать показатели технологичности и надежности при выборе тех или иных технологических схем, присущих определенному виду оборудования для трехмерных технологий;
- оценивать влияние сопутствующих технологических факторов на результативность трехмерного синтеза деталей и изделий;
- определять причину отказа отдельных узлов оборудования для трехмерных технологий и формулировать требования по осуществлению текущего и капитального ремонта.

*владеть:*

- практическими навыками подбора и эксплуатации технологического оборудования для трехмерных технологий;
- способами изменения настроек и параметров технологического оборудования;
- навыками расчета основных характеристик, определяющих функциональные параметры узлов, механизмов и рабочих элементов технологического оборудования для трехмерных технологий.

Изучение дисциплины должно обеспечить формирование у студента следующей базовой профессиональной компетенции – владеть основами расчета и конструирования оборудования и специальных средств технологического оснащения для трехмерных технологий (БПК-14).

А также развить и закрепить ряд профессиональных компетенций:

- Анализировать и объективно оценивать достижения науки в области современных материалов, разработки, производства и применения (эксплуатации) изделий, перспективы и направления развития;
- Проводить опытно-технологические работы при освоении новых трехмерных технологий, опытно-промышленную проверку новых изделий и элементов технологического оборудования, изготовление и испытания опытных образцов и опытных партий изделий, оформлять документацию о результатах опытно-технологических работ и испытаний опытных образцов материалов и (партий) изделий;
- Организовывать собственный труд и работу других исполнителей в соответствии с поставленными задачами, условиями и сроками их выполнения;
- Оценивать затраты труда, результаты и качество работы исполнителей;
- Анализировать работу по установленному заданию, готовить соответствующую информацию и доклады для руководства.

Общее количество часов и распределение аудиторного времени по видам занятий:

Форма получения высшего образования: дневная.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Проектирование технологического оборудования для трехмерных технологий», в соответствии с учебными планами по специальности 1-36 07 02 «Производство изделий на основе трехмерных технологий» составляет– 258.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 8 зачетных единиц.

Распределение аудиторного времени по видам занятий, курсам и семестрам:

	набор 2018 г.	набор с 2019
Курс	4	3, 4
Семестр	7, 8	6, 7
Лекции (час)	69	68
Практические (час)	53	51
Лабораторные занятия (час)	17	17
Всего аудиторных (час)	139	136

Формы текущей аттестации по учебной дисциплине

Экзамен, семестр	7, 8	7
Зачет, семестр	-	6

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### ***Раздел 1. Основные понятия и цели дисциплины.***

*Тема 1.1. Введение. Основные понятия и цели дисциплины.*

Введение. Роль многокоординатной обработки в научно-техническом прогрессе в машиностроении и других отраслях промышленности. Основные этапы развития аддитивного синтеза изделий и роль авторов патентов современных устройств для аддитивного синтеза. Основные направления в развитии многокоординатной обработке материалов. Общие положения. Особенности формирования трехмерного облика будущего изделия и его материальной реализации. Основные виды и технологические характеристики материалов аддитивного синтеза.

[15.05.01\\_2019\\_OFO\\_RPD\\_Proektirovanie\\_tehnologich\\_oborud\\_s\\_iskpolz\\_stand\\_elem\\_i\\_uzlov.pdf](https://technolog.edu.ru/15.05.01_2019_OFO_RPD_Proektirovanie_tehnologich_oborud_s_iskpolz_stand_elem_i_uzlov.pdf) (technolog.edu.ru)

### ***Раздел 2. Типовые элементы оборудования для трехмерных технологий.***

*Тема 2.1. Применение типовых пневматических элементов и арматуры.*

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

*Тема 2.2. Применение типовых гидравлических элементов и арматуры.*

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

*Тема 2.3. Применение типовых механических и электромеханических элементов и арматуры.*

Типовые решения преобразования движения и создания усилия.

*Тема 2.4. 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 2.5. Системы управления и датчики.*

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

### ***Раздел 3. Конструкция и принцип действия основных видов оборудования для трехмерных технологий***

*3.1. Экструдеры для изготовления филамента.*

Энергосиловые параметры предназначены для переработки пластмасс с различными деформационными кривыми. Конструкции приводов экструдеров. Конструкции шнеков. Нагревательные элементы и устройства экструдеров.

*3.2. Оборудование для изготовления порошков.*

Конструкция и принцип действия вертикальных атомизаторов для распыления в защитной среде. Конструкция и принцип действия атомизаторов для распы-

ления в водной среде. Конструкция и принцип действия механических устройств для размола шихты.

*3.3. Оборудование для послойного построения изделия из расплавленной пластиковой нити (Филамента).*

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.

*3.4 Оборудование для селективного лазерного сплавления металлических (Selective laser melting) и спекания полимерных порошков (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.

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

*3.6. Оборудование для многокоординатной лезвийной обработки сложно-профильных поверхностей.* Устройство и принцип действия 3-х, 4-х и 5-ти координатных фрезерных и токарных обрабатывающих центров. Применяемый инструмент.

*3.7. Роботехнические комплексы для осуществления наплавочных, сварочных и разделительных работ.*

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

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТРЕХМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

(набор 2018 года)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
7, 8 семестр								
1	Основные понятия и цели дисциплины.							
1.1	Введение. Основные понятия и цели дисциплины.	3						О, ЗПР, Э
2.	Типовые элементы оборудования для трехмерных технологий.							Э
2.1	Применение типовых пневматических элементов и арматуры.	4	4					О, ЗПР, Э
2.2	Применение типовых гидравлических элементов и арматуры.	4	4					О, ЗПР, Э
2.3	Применение типовых механических и электромеханических элементов и арматуры.	4	8					О, ЗПР, Э
2.4	Применение типовых решений в приводной технике.	4	4					О, ЗПР, Э
2.5.	Системы управления и датчики.	6	4					О, ЗЛР, Э
3	Конструкция и принцип действия основных видов оборудования для трехмерных технологий.							Э
3.1.	Экструдеры для изготовления филамента.	4	4		4			О, ЗЛР, Э
3.2.	Оборудование для изготовления порошков.	4	4					О, ЗЛР, Э
3.3.	Оборудование для послойного построения изделия из расплавленной пластиковой нити (Филамента).	8	6		4			О, ЗЛР, Э

3.4.	Оборудование для селективного лазерного сплавления металлических (Selective laser melting) и спекания полимерных порошков (Selective laser sintering).	6	4		4			О, ЗЛР, Э
3.5.	Оборудование для лучевой стереолитографии.	4			2			О, ЗЛР, Э
3.6.	Оборудование для многокоординатной лезвийной обработки сложнопрофильных поверхностей.	8	4					О, ЗЛР, Э
3.7.	Роботехнические комплексы для осуществления наплавочных, сварочных и разделительных работ.	10	7		3			Э
<b>Всего 7, 8 сем.</b>		<b>69</b>	<b>53</b>		<b>17</b>			

Принятые обозначения (форма контроля знаний): О – отчет по лабораторной работе,  
ЗЛР – защита лаборатор. работы,  
Э – экзамен

# УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТРЕХМЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

(набор с 2019 года)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6, 7 семестр								
1	Основные понятия и цели дисциплины.							
1.1	Ведение. Основные понятия и цели дисциплины.	3						О, ЗПР, Э
2.	Типовые элементы оборудования для трехмерных технологий.							Э
2.1	Применение типовых пневматических элементов и арматуры.	4	4					О, ЗПР, Э
2.2	Применение типовых гидравлических элементов и арматуры.	4	4					О, ЗПР, Э
2.3	Применение типовых механических и электромеханических элементов и арматуры.	4	8					О, ЗПР, Э
2.4	Применение типовых решений в приводной технике.	4	4					О, ЗПР, Э
2.5.	Системы управления и датчики.	6	4					О, ЗЛР, Э
3	Конструкция и принцип действия основных видов оборудования для трехмерных технологий.							Э
3.1.	Экструдеры для изготовления филамента.	4	4		4			О, ЗЛР, Э
3.2.	Оборудование для изготовления порошков.	4	4					О, ЗЛР, Э
3.3.	Оборудование для послойного построения изделия из расплавленной пластиковой нити (Филамента).	8	6		4			О, ЗЛР, Э

3.4.	Оборудование для селективного лазерного сплавления металлических (Selective laser melting) и спекания полимерных порошков (Selective laser sintering).	6	4		4			О, ЗЛР, Э
3.5.	Оборудование для лучевой стереолитографии.	4			2			О, ЗЛР, Э
3.6.	Оборудование для многокоординатной лезвийной обработки сложнопрофильных поверхностей.	8	4					О, ЗЛР, Э
3.7.	Роботехнические комплексы для осуществления наплавочных, сварочных и разделительных работ.	9	5		3			Э
<b>Всего 6, 7 сем.</b>		<b>68</b>	<b>51</b>		<b>17</b>			

Принятые обозначения (форма контроля знаний): О – отчет по лабораторной работе,  
ЗЛР – защита лаборатор. работы,  
Э – экзамен

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Основная литература

1. Каменев, С. В. Технологии аддитивного производства: учебное 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.

2. 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.

3. Попов Д. Н. Механика гидро- и пневмоприводов: учебник для вузов / Д. Н. Попов. — 2-е изд., стер. — Москва: Изд-во МГТУ, 2002. — 319 с: ил. — (Механика в техн. ун-те. Т.7). — Библиогр.: с. 314. — ISBN 5-7038-1777-3.

4. Солнцев, Ю. П. Материаловедение специальных отраслей машиностроения: учебное пособие / Ю. П. Солнцев, В. Ю. Пирайнен, С. А. Воложанина; 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

5. Шеина, Т. Н. Архитектурное материаловедение: учебное пособие: [16+] / 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)

### Дополнительная литература

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

3. Конспект лекций. Локальные системы автоматизации для студентов специальности 1-53 01 07 «Информационные технологии и управление в технических системах» всех форм обучения / Красовский А.Я. - Минск, БГУИР, 2008, 173 с.

### Учебно-методические материалы

1. Динамический расчет гидравлических следящих приводов: учебно-методическое пособие по дисциплине "Теория и проектирование гидропневмоприводов" для студентов спец. Т.05.11 "Гидропневмосистемы транспортных и технических машин" / В. П. Автушко, М. И. Жилевич, П. Н. Кишкевич ; М-во образования Республики Беларусь, Бел. гос. политехн. академия, Каф."Гидропневмоавтоматика и гидропневмопривод". - Минск: БГПА, 1998. - 43 с.(М/УК 2510)

2. Теория и проектирование гидропневмоприводов. Учебное издание. Конспект лекций. В 6-ти частях Часть 1. «Двухпозиционные гидропневмоприводы с релейным управлением» / Автушко В.П., Кишкевич П.Н., Жилевич М.И., Бартош П.Р. - Минск, БНТУ, 165 с.

3. Пневматические устройства и системы: методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 1-36 20 04 "Вакуумная и компрессорная техника" / Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Вакуумная и компрессорная техника"; составитель Е. П. Орлова. - Минск: БНТУ, 2011. - 38 с. (М/УК 4062)

4. Пневматические устройства и системы. Учебное издание. Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов специальности 1-36 20 04 «Вакуумная и компрессорная техника» / Орлова Е.П. - Минск, БНТУ, 2011, 41 с.

#### Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов

– Положение об управляемой самостоятельной работе студентов № 22 от 18.05.2011.

– Организация самостоятельной работы студентов в вузе [Электронный ресурс]: методические указания для преподавателей и студентов всех специальностей дневной формы обучения / М.М. Рыженко, И.Н. Степанкин, В.М. Кенько ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П.О.Сухого", Кафедра "Материаловедение в машиностроении". - Гомель : ГГТУ, 2009 - 58 с. УДК 378.147(075.8) ББК 74.580.26я73.

#### Примерный перечень тем лабораторных и практических занятий

- Режимы работы сопла экструдера при осуществлении FDM трехмерной печати;
- Режимы работы и конструкция пневматических устройств и систем;
- Типовой расчет гидравлического привода;
- Выбор исполнительных элементов электрических приводов технологического оборудования для трехмерного синтеза изделий;
- Изучение работы индукционного датчика перемещения;
- Расчет электропривода методом типовых нормированных уравнений;
- Изучение конструкции электрических приводов на основе дельта- и декартовых схем перемещения;
- Изучение конструкции и принципа действия экструдеров;
- Изучение процесса полимеризации при лучевом воздействии;
- Изучение конструкции и принципа действия многокоординатного сварочного робота;
- Изучение конструкции и принципа действия обрабатывающего центра для многокоординатной обработки;

Основными методами обучения, отвечающими целям изучения дисциплины, являются:

–элементы проблемного обучения (проблемное изложение), реализуемые на лекционных занятиях;

–элементы учебно-исследовательской деятельности, реализуемые на лабораторных занятиях и при самостоятельной работе;

–коммуникативные технологии (дискуссии, учебные дебаты), реализуемые на лабораторных занятиях и конференциях.

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

– контролируемая самостоятельная работа в виде решения индивидуальных задач в аудитории во время проведения лабораторных занятий под контролем преподавателя в соответствии с расписанием занятий;

– самостоятельная работа, в том числе в виде выполнения индивидуальных заданий с консультациями у преподавателя, а также выполнение тестовых заданий путем обращения к заданиям, размещенным в электронном курсе дисциплины.

Учебно-методическое обеспечение ориентировано на освоение студентами основ инновационных технологий, умение работать с научной и технической литературой. Изучение каждой темы помимо приведенных в учебной программе литературных источников предполагает использование материалов тематической печати, а также информационных ресурсов Internet.

Самостоятельная работа обучающегося складывается из следующих элементов:

- проработка прослушанного лекционного материала;
- подготовка к промежуточному контролю по итогам изучения учебных модулей;
- подготовка к слушанию очередной лекции;
- подготовка к выполнению лабораторной работы;
- подготовка к защите лабораторной работы;
- подготовка к экзамену.

#### Критерии оценок результатов учебной деятельности

При оценке знаний обучающихся отметками в баллах по десятибалльной шкале применяются критерии оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь от 28.05.2013 г. № 09-10/53- ПО).

#### Перечень вопросов для самостоятельной работы студентов

1. Двигатели двухпозиционных приводов.
2. Управление перемещением выходного звена привода.
3. Приводы релейного управления и их структура. Простейшие циклограммы двухпозиционных приводов.
4. Циклограмма пневмопривода двухстороннего действия.
5. Схема гидропривода по циклу «прямой ход-обратный ход-остановка».

6. Схема привода с периодическим возвратно-поступательным движением.
7. Схема гидропривода по циклу «прямой ход-выдержка-обратный ход».
8. Схема гидропривода по циклу «быстрый подвод-рабочий ход-быстрый отвод-остановка».
9. Гидросистема с дроссельным регулированием скорости.
10. Гидроприводы с силовыми цилиндрами.
11. Схема гидропривода с электрогидравлическим цикловым управлением.
12. Гидросистемы с электрогидравлическим управлением.
13. Схемы гидросистем с гидронасосами.
14. Схемы одностороннего пневмопривода.
15. Схемы двухстороннего пневмопривода.
16. Схемы пневмопривода с автоматическим управлением.
17. Схема группового пневмопривода с автоматическим управлением.
18. Работа типового привода с релейным управлением.
19. Параметры движения выходного звена привода.
20. Оптимизация предельной скорости выходного звена.
21. Расчет параметров двигателя.
22. Расчет параметров распределителя.
23. Выбор гидро- и пневмолиний.
24. Расчет гидро- и пневмолиний.
25. Классификация способов торможения гидро- и пневмоприводов.
26. Двухпозиционный гидропривод с тормозным дросселем.
27. Гидропривод с дифференциальным включением гидроцилиндра.
28. Пневмопривод с тормозными устройствами.
29. Принципиальные схемы гидравлических тормозных устройств.
30. Гидравлическое устройство со встроенным переменным дросселем.
31. Принципиальные схемы пневматических тормозных устройств с подпиткой и без подпитки.
32. Принципиальные схемы пневматических тормозных устройств со сбросом воздуха.
33. Основные зависимости для расчета тормозов гидро- и пневмоприводов.
34. Расчет встроенного демпфера.
35. Расчет тормозного дросселя.
36. Расчет гидроамортизаторов.
37. Пневматические тормозные устройства с постоянной массой воздуха.
38. Пневматические тормозные устройства с постоянной массой воздуха.
39. Тепловой расчет тормозных устройств.
40. Типовые схемы насосных установок гидроприводов с цикловым программным управлением.

41. Расчет насосной установки с переливным клапаном.
42. Расчет двухнасосной установки с переливными клапанами.
43. Расчет насосно-аккумуляторной установки.
44. Расчет насосной установки с регулируемым насосом.
45. Фильтры насосных установок.
46. Выбор параметров и расчет питающей части пневмоприводов.
47. Тепловой расчет объемного гидропривода.
48. Основы динамического расчета гидропривода.
49. Уравнения движения двухпозиционного гидропривода.
50. Линейная модель объемного гидропривода с дроссельным управлением.
51. Частный случай 1 линеаризованной модели гидропривода.
52. Частный случай 2 линеаризованной модели гидропривода.
53. Нелинейная характеристика сухого (контактного) трения.
54. Насыщение по расходу гидропривода.
55. Насыщение гидропривода по давлению.
56. Основы динамики двухпозиционного пневмопривода.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу ( с указанием даты и номера протокола)
Дипломное проектирование	Материаловедение в машиностроении	Нет  _____ Кадолич Ж.В.	