Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 28.10.2023 12:46:10
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет машиностроения

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета машиностроения
_____ /Сафонов Е.В./
«23» сентября 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Технологические основы физико-химической обработки материалов»

Направление подготовки

15.03.01 «Машиностроение»

Профиль

«Высокоэффективные технологические процессы и оборудование»

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Заочная

Москва, 2022 г.

Разработчик(и):

Доц., к.т.н. /Б.Л. Овсянников /

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Технология и оборудование машиностроения»,

Доц., к.т.н. /А.Н. Васильев /

1. Цели, задачи и планируемые результаты освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Технологические основы физико-химической обработки материалов»:

– формирование знаний и навыков проектирования высокоэффективных технологических процессов физико-химической обработки (ФХО) изделий машиностроения, обеспечивающих заданный объем выпуска и высокое качество продукции при минимальных удельных ресурсозатратах**;**

– формирование знаний и навыков управления процессами разработки и освоения новой продукции и наукоемких технологий, основанных на физико-химических процессах управляемого разрушения металлов и сплавов в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по данному направлению

– подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по данному направлению, в том числе формирование умений по проектированию новых наукоемких технологий изготовления изделий.

Основные задачи освоения дисциплины:

– освоение методологии определения области эффективного применения технологий ФХО, повышения их конкурентоспособности среди альтернативных технологий, определения их роли и места в общем технологическом процессе изготовления машиностроительной продукции;

– формирование умений и навыков по обоснованному выбору или разработке высокоэффективных средств технологического оснащения для операций ФХО;

– освоение методики выбора или расчета параметров режима обработки изделий на операциях ФХО и выполнения работ по нормированию удельных ресурсозатрат.

Обучение по дисциплине «Высокоэффективные технологические процессы и оборудование» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

ОПК-9. Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	ИОПК-9.1. Знает стандартные подходы к внедрению и освоению новое технологическое оборудование ИОПК-9.2. Умеет применять стандартные подходы к внедрению и освоению новое технологическое оборудование ИОПК-9.3. Владеет умением внедрять и осваивать новое технологическое оборудование
ПК-1 Способен разрабатывать технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства	ИПК-1. Определяет тип производства машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства ИПК-2. Проводит технологический контроль рабочей КД машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства ИПК-3. Анализирует технические требования, предъявляемые к машиностроительным изделиям средней сложности серийного (массового) производства

	ИПК-4. Проводит выбор метода изготовления исходных заготовок для машиностроительных деталей средней сложности серийного (массового) производства ИПК-5. Проводит разработку технических заданий на проектирование исходных заготовок для машиностроительных деталей средней сложности серийного (массового) производства ИПК-6. Выбирает схемы установки заготовок машиностроительных деталей средней сложности серийного (массового) производства ИПК-7. Выбирает средства технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства ИПК-8. Составляет технические задания на разработку средств технологического оснащения второй очереди для изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства ИПК-9. Разрабатывает технологические операции изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства ИПК-10. Назначает технологические режимы технологических операций изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства ИПК-11. Оформляет технологическую документацию на технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства ИПК-12. Проводит анализ реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства с целью проверки обеспечения заданных технических требований ИПК-13. Проводит корректировку технологической документации на технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Технологические основы физико-химической обработки материалов» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части базового цикла (Б1.2) основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «Технологические основы физико-химической обработки материалов» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В вариативной части базового цикла:

- «Технология машиностроения»;
- «Материаловедение»;
- «Основы теории резания, станки, инструмент»;
- «Теоретические основы физико-химической обработки»;
- «Оборудование и средства технологического оснащения ФХО»

В разделе элективные дисциплины:

- «Технологии обработки новых материалов».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 часов).

Изучается в 8 и 9 семестрах обучения. Формы промежуточной аттестации – зачёт, экзамен.

3.1.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по формам обучения)

3.1.1. Заочная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			8 семестр	9 семестр
1	**Аудиторные занятия**	**32**	16	16
	В том числе:			
1.1	Лекции	18	9	9
1.2	Семинарские/практические занятия	10	5	5
1.3	Лабораторные занятия	4	2	2
2	**Самостоятельная работа**	**184**	92	92
	В том числе:			
2.1	Самостоятельное изучение тер. матер.		30	30
2.2	Решение задач		34	34
2.3	Работа в компьютерном классе		28	28
3	**Промежуточная аттестация**			
3.1	Зачет/диф. зачет/экзамен		зачёт	экзамен
	Итого	**216**		

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Заочная форма обучения

Полностью тематический план размещён в приложении 1 к рабочей программе.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	**Аудиторная работа**				**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Основные понятия и определения курса.**			**1**			
	Тема 1.1 Обзор основных видов ФЭХМО. **…**		1				
	Тема 1.2. Разграничение электрофизических методов обработки. **…**		1				
2	**Раздел 2. Электрофизические методы обработки, использующие КПЭ.**		**1**	**2**			**46**
	Тема 2.1. Особенности теплового воздействия КПЭ **…**						
	Тема 2.2 Основные характеристики и области применения ЭЛО. **…**		1				
	Тема 2.3 Общая характеристика лазерных технологий. **…**						
	Тема 2.4 Принципы использования лазерного излучения для построения технологических процессов. **…**		1		1		
3	**Раздел 3 Электроэрозионная обработка деталей (ЭЭО)**			**2**			**46**
	Тема 3.1. История изобретения ЭЭО. Определение, общая характеристика, виды **…**						
	Тема 3.2. Физические, физико-механические и физико-химические явления при искровом разряде. **…**		1				
	Тема 3.3. Электроэрозионное резание - характеристики, режимы, области применения, оборудование.						
	Тема 3.4. Электроэрозионное резание Рабочие параметры ВЭЭО. Системы управления процессом ВЭЭО.		1		1		
	Тема 3.5. Копировальнопршивочная ЭЭО - характеристики, режимы		1				2

	обработки, области применения, оборудование. **…**						
	Тема 3.6. Явления переноса при ЭЭО. Электроискровое легирование поверхностей деталей.		1				
	Итого за 8 семестр:		**9**	**5**	2		**92**
4	**Раздел 4 Электрохимическая обработка материалов (ЭХО).**				9		46
	Тема 4.1. История возникновения, сущность и варианты реализации ЭХО материалов. Области применения ЭХО.		**1**	**2**			
	Тема 4.2. Электрические процессы при электролизе в электролите и на электродах. **…**		**1**		1		
	Тема 4.3. Характеристики и свойства электрохимических покрытий, их использования **…**		**1**				
	Тема 4.4. Режимы ЭХРО. Распределение потенциала в межэлектродном пространстве **…**		**1**				
	Тема 4.5. Имульсноциклическая и виброциклическая ЭХО, особенности, достоинства и недостатки, **…**		**1**	**2**			
5	**Раздел 5 Ультразвуковая обработка (УЗО) материалов.**		**1**				46
	Тема 5.1 Основные понятия УЗО, и физические явления при получении и распространении ультразвука. **…**				1		
	Тема 5.2. Ультразвуковая абразивная резка, виды, **…**						
	Тема 5.3. Ультразвуковая сварка, виды, режимы, технологические характеристики **…**		2	1			
	Тема 5.4. Другие применения УЗ в технологии.		1				
	Итого за 9 семестр		**9**	**5**	**2**		**92**

3.3 Содержание дисциплины

6 семестр

Раздел 1. Основные понятия и определения курса.

Тема 1.1 Обзор основных видов ФЭХМО. Физические принципы, лежащие в их основе,

Тема 1.2. Разграничение электрофизических методов обработки на методы, основанные на воздействии концентрированных потоков энергии (КПЭ) на обрабатываемый материал, и методы, основанные на других принципах.

Раздел 2. Электрофизические методы обработки, использующие КПЭ.

Тема 2.1. Особенности теплового воздействия КПЭ на материалы в условиях различных технологических процессов обработки КПЭ.

Тема 2.2 Основные характеристики и области применения ЭЛО. Основные параметры электронного луча. Обзор технологических применений ЭЛ. Параметры ЭЛ при сварке, и при размерной обработке.

Тема 2.3 Общая характеристика лазерных технологий. Частотные диапазоны излучения лазеров различных типов. Свойства и энергетические характеристики лазерного излучения. Фокусировка лазерного излучения.

Тема 2.4 Принципы использования лазерного излучения для построения технологических процессов. Лазерная термообработка, закалка, отжиг. Лазерное поверхностное легирование. Лазерная сварка. Лазерная резка.

Раздел 3 Электроэрозионная обработка деталей (ЭЭО)

Тема 3.1. История изобретения ЭЭО. Определение, общая характеристика, виды и области применения электроэрозионной обработки деталей (ЭЭО).

Тема 3.2. Физические, физико-механические и физико-химические явления при искровом разряде. ЭЭО как разновидность технологии КПЭ. Основные схемы генераторов импульсов для получения искровых разрядов.

Тема 3.3. Электроэрозионное резание - характеристики, режимы, области применения, оборудование.

Тема 3.4. Электроэрозионное резание Рабочие параметры ВЭЭО. Системы управления процессом ВЭЭО.

Тема 3.5. Копировальнопршивочная ЭЭО - характеристики, режимы обработки, области применения, оборудование. Вспомогательные движения инструмента при КПЭЭО. Системы управления процессом КПЭЭО.

Тема 3.6. Явления переноса при ЭЭО. Электроискровое легирование поверхностей деталей.

7 семестр

Раздел 4 Электрохимическая обработка материалов (ЭХО).

Тема 4.1. История возникновения, сущность и варианты реализации ЭХО материалов. Области применения ЭХО.

Тема 4.2. Электрические процессы при электролизе в электролите и на электродах. Основные сведения об электродном потенциале. Современные представления о кинетике электродных процессов. Процессы электрохимического осаждения и растворения металлов и сплавов.

Тема 4.3. Характеристики и свойства электрохимических покрытий, их использования в технике. Технологические основы гальванического осаждения покрытий из железа, хрома, никеля, меди.

Тема 4.4. Режимы ЭХРО. Распределение потенциала в межэлектродном пространстве при ЭХРО. Явление пассивации при ЭХРО и пути её преодоления. Скорость анодного растворения. Точность ЭХРО. ЭХРО на постоянном токе. Основные проблемы реализации ЭХРО.

Тема 4.5. Имульсноциклическая и виброциклическая ЭХО, особенности, достоинства и недостатки, области применения. Управление процессом ЭХО. Оборудование для ЭХО.

Раздел 5 Ультразвуковая обработка (УЗО) материалов.

Тема 5.1 Основные понятия УЗО, и физические явления при получении и распространении ультразвука. Магнитострикционный и пьезоэлектрический эффекты. Установки для получения ультразвука. Области применения ультразвука в технологии.
Тема 5.2. Ультразвуковая абразивная резка, виды, режимы, технологические характеристики и области применения.
Тема 5.4. Другие применения УЗ в технологии.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Тематика семинарских/практических занятий

6 семестр

1. Решение задач на обоснование выбора метода ЭФЭХО в различных ситуациях.
2. Решение задач на обоснование выбора метода КПЭ в различных ситуациях.
3. Нахождение объёмов ванны расплава при воздействии мгновенного точечного источника теплоты на массивное тело.
4. Решение задач на нахождение параметров термического цикла при воздействии мощного быстро движущегося источника тепла (МБИТ) на массивное тело.
5. Решение задач на нахождение параметров теплового воздействия ЭЛО и ЛО на различные конструкционные материалы.
6. Решение задач на расчёт режимов электроэрозионного резания (ВЭЭО).
7. Решение задач на подготовку программ для ЧПУ при ВЭЭО.
8. Решение задач на расчёт режимов копировально-прошивочной обработки (КПЭЭО) в различных ситуациях

7 семестр

1. Решение задач на расчёт параметров режима электрохимического осаждения покрытий в различных ситуациях.
2. Расчёт параметров электрохимических покрытий в различных условиях.
3. Расчёт режимов ЭХРО в различных условиях.
4. Определение технологических параметров ЭХРО при различных режимах обработки.
5. Расчёт режимов и параметров УЗ абразивной обработки.
6. Расчёт режимов и параметров УЗ сварки.

3.4.2 Лабораторные занятия

1. Исследование импульсов технологического тока при нанесении покрытий по технологии электроэрозионного синтеза.
2. Исследование остаточных напряжений в деталях при их комбинированном упрочнении методами электроэрозионного синтеза покрытий и поверхностного пластического деформирования.
3. Исследование закономерностей изменения рабочего тока, анодной и катодной составляющих напряжения в процессе обработки деталей микродуговым оксидированием.

4. Исследование технологических характеристик ВЭЭО в зависимости от режимов обработки АЖ КУТ.
5. Программирование системы ЧПУ вырезного электроэрозионного станка для изготовления тестовой детали.
6. Исследование технологических характеристик КПЭЭО в зависимости от режимов обработки на станке АЖ РОБОФОРМ.
7. Исследование управляющих параметров процесса электроэрозионного синтеза износостойких покрытий на приращение размера и шероховатость поверхности.
8. Исследование точности прошивочной электроэрозионной микробработки на станке 40-ЭП-10М.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Учебным планом не предусмотрено

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

4.2 Основная литература

1. Моргунов Ю.А., Панов Д.В., Саушкин Б.П., Саушкин С.Б., под ред. Б.П. Саушкина. Наукоемкие технологии машиностроительного производства. Физико-химические методы и технологии: учебное пособие для студ. вузов, обучающихся по направлению подготовки «Машиностроение» - М., «Форум» 2013г., 928с.

2. Бойцов А.Г., Ковалёв А.П. и др. Процессы механической и физико-химической обработки в процессе изготовления авиационных двигателей. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2007 - 582с., ил.

3. Овсянников Б.Л. Задачи нестационарной теплопроводности в технологии КПЭ.: Ученое пособие. – М.: Изд-во МГТУ МАМИ 2011- 96с.

4. Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П., Хомякова Н.В. Электродные процессы в технологиях электрохимической обработки: Учебное пособие/М.: МосПолитех, 2021. – 120 с.

4.3 Дополнительная литература

1. Елисеев Ю.С., Саушкин Б.П. Электроэрозионная обработка изделий авиационно-космической техники. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2010 - 563с., ил.

2. Лазерная и Электронно-лучевая обработка материалов: Справочник/Н. Н. Рыкалин, А. А. Углов, И. В. Зуев, А. Н. Кокора. —М.: Машиностроение, 1985. — 496 с., ил.

3. Зиновьев В.Е. Теплофизические свойства металлов при высоких температурах., Справ. изд., М.: Металлургия 1989. 384 с.

4.3.1 Интернет – ресурсы

http://books.ifmo.ru/file/pdf/335.pdf

Либенсон М.Н. и др. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Конспект лекций. ИТМО Спб. 2008. В открытом доступе.

https://studfiles.net/preview/1193648/

Цилрельман Н.М. Теория и прикладные задачи тепломассопереноса. Уфа 2002г. В открытом доступе.

4. http://lib.sinp.msu.ru/static/tutorials/130_Borisov-Mashkova_2011.pdf

Борисов А.М., Машкова Е.С. Физические основы ионно-лучевых технологий. Москва 2011. В открытом доступе.

4.3.2 методические указания для проведения лабораторных работ:

1. Методические указания по выполнению лабораторной работы №2 «Исследование импульсов технологического тока при нанесении покрытий по технологии электроэрозионного синтеза» для студентов всех форм обучения (очной, очно-заочной, заочной), обучающихся по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Машины и технология высокоэффективных процессов обработки»: методические указания / Ю.А. Моргунов, И.Н. Зинина, В.В. Филиппов. – М., Московский политех, 2019. – 22 с.

2. Методические указания по выполнению лабораторной работы №3 «Исследование остаточных напряжений в деталях при их комбинированном упрочнении методами электроэрозионного синтеза покрытий и поверхностного пластического деформирования» для студентов всех форм обучения (очной, очно-заочной, заочной), обучающихся по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение», профиль «Машины и технология высокоэффективных процессов обработки»: методические указания / Ю.А. Моргунов, И.Н. Зинина, В.В. Филиппов. – М., Московский политех, 2019. – 20 с.

3. Методические указания к лабораторной работе №3 «Влияние режима работы источника импульсов тока на показатели процесса МДО» М., МГТУ «МАМИ», 2014.

4. Методические указания к лабораторной работе №4 «Исследование управляющих параметров процесса электроэрозионного синтеза износостойких покрытий на приращение размера и шероховатость поверхности». М., МГТУ «МАМИ», 2014.

5. Электроэрозионная микрообработка: лабораторный практикум для студентов бакалавриата и магистратуры, обучающихся по направлениям подготовки «Машиностроение» / сост. Б.Л. Овсянников, В.В. Филиппов. – Москва: Московский Политех, 2022г.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

Название ЭОР	
Теоретические основы физико-химических обработки	https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7243
Электрофизические и электрохимические технологии в машиностроении	https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=7895

Разработанные ЭОР включают тренировочные и итоговые тесты.

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Лицензионный

MATLAB (сокращение от "MATrix LABoratory") - проприетарный многопарадигмальный язык программирования и среда числовых вычислений, разработанная компанией MathWorks.

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

5 Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий необходимы аудитории, оснащенные мультимедийными проекторами и экранами. Для проведения лабораторных работ требуется компьютерный класс (АВ1517, АВ4821)

6 Методические рекомендации

Методика преподавания дисциплины «Схемотехника электронных систем управления» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения аудиторных и внеаудиторных занятий:

– аудиторные занятия: лекции, лабораторные работы, тестирование;

– внеаудиторные занятия: самостоятельное изучение отдельных вопросов, подготовка к лабораторным работам.

Образовательные технологии

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой «ТиОМ» электронных образовательных ресурсов (ЭОР) (см. п.4.4).

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1. Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в московском политехническом университете и его филиалах", утверждённым ректором университета.

6.1.2. На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД) и предоставляет возможность ознакомления с программой.

6.1.3. Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО мосполитеха);

- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;

- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4. Доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5. Необходимо с самого начала занятий рекомендовать студентам основную и дополнительную литературу и указать пути доступа к ней.

6.1.6. В начале или в конце семестра дать список вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (экзамену или зачёту).

6.1.7. Рекомендуется факт ознакомления студентов с РПД и графиком работы письменно зафиксировать подписью студента в листе ознакомления с содержание РПД.

6.1.8. Преподаватели, ведущий лекционные и практические занятия, должны согласовывать тематический план практических занятий, использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.9. При подготовке **к семинарскому занятию** по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Применяя фронтальный опрос дать возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести его итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

6.3 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1.2.1. Студент с самого начала освоения дисциплины должен внимательно ознакомится с рабочей программой дисциплины.

1.2.2. Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

1.2.3. При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (LMS мосполитеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

7 Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств включает разделы:

7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения
7.3. Оценочные средства
7.3.1. Текущий контроль
7.3.2. Промежуточная аттестация

В процессе обучения в течение семестра используются оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций. Применяются следующие оценочные средства: тест, защита лабораторных работ, экзамен.

Обучение по дисциплине «Технологические основы ФХО материалов» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

ОПК-9. Способен внедрять и осваивать новое технологическое оборудование	ИОПК-9.1. Знает стандартные подходы к внедрению и освоению новое технологическое оборудование ИОПК-9.2. Умеет применять стандартные подходы к внедрению и освоению новое технологическое оборудование ИОПК-9.3. Владеет умением внедрять и осваивать новое технологическое оборудование
ПК-1 Способен разрабатывать технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства	ИПК-1. Определяет тип производства машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства ИПК-2. Проводит технологический контроль рабочей КД машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства ИПК-3. Анализирует технические требования, предъявляемые к машиностроительным изделиям средней сложности серийного (массового) производства ИПК-4. Проводит выбор метода изготовления исходных заготовок для машиностроительных деталей средней сложности серийного (массового) производства ИПК-5. Проводит разработку технических заданий на проектирование исходных заготовок для машиностроительных деталей средней сложности серийного (массового) производства ИПК-6. Выбирает схемы установки заготовок машиностроительных деталей средней сложности серийного (массового) производства ИПК-7. Выбирает средства технологического оснащения для реализации технологических процессов изготовления

	машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства ИПК-8. Составляет технические задания на разработку средств технологического оснащения второй очереди для изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства ИПК-9. Разрабатывает технологические операции изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства ИПК-10. Назначает технологические режимы технологических операций изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства ИПК-11. Оформляет технологическую документацию на технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства ИПК-12. Проводит анализ реализации технологических процессов изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства с целью проверки обеспечения заданных технических требований ИПК-13. Проводит корректировку технологической документации на технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Обязательными условиями подготовки студента к промежуточной аттестации является выполнение и защита студентом лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой и прохождение всех промежуточных тестов не ниже, чем на 70% правильных ответов. Промежуточные тестирования могут проводится как в аудитории Университета под контролем преподавателя, так и дистанционном формате на усмотрение преподавателя.

Шкала оценивания	Описание

Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Текущий контроль выполняется с применением Банка тестовых вопросов (частично). Примеры тестов представлены ниже.

Для подготовки к тестированию в разделе 3.7.1.1 приведён перечень контрольных вопросов. Результаты текущего контроля успешно засчитываются, если при тестировании набрано не менее 75 баллов из 100 возможных.

Банк тестовых вопросов содержит 150 вопросов с набором ответов.

Раздел 1 Основные понятия и определения курса

Основное физическое явление, на котором основана электроэрозионная обработка?			*MC*
		Балл по умолчанию:	1
		Случайный порядок ответов	Да
		Нумеровать варианты ответов?	a
		Штраф за каждую неправильную попытку:	33.3
		ID-номер:	
#	**Ответы**	**Отзыв**	**Оценка**
A.	Повышение температуры поверхности детали выше температуры плавления и кипения в месте действия электрического разряда		100
B.	Силовое действие электромагнитного поля при действии электрического разряда		0
C.	Действие ударной волны при электрическом разряде в жидкой диэлектрической среде (ЖДС)		0
D.	Хрупкое разрушение поверхности детали при деформации поверхности под действием электрического разряда.		0
E.			
	Общий отзыв к вопросу:		
	Для любого правильного ответа:	Ваш ответ верный.	
	Для любого неправильного ответа:	Ваш ответ неправильный.	
	Подсказка 1:		
	Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):	Нет	
	Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):	Нет	
	Теги:		
Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)			

Теплота, сообщённая системе источником КПЭ, расходуется на:			*МС*
		Балл по умолчанию:	1
		Случайный порядок ответов	Да
		Нумеровать варианты ответов?	a
		Штраф за каждую неправильную попытку:	33.3
		ID-номер:	
#	**Ответы**	**Отзыв**	**Оценка**
A.	на изменение внутренней энергии системы и совершение ею работы		100
B.	на изменение температуры системы и совершение ею работы		0
C.	на изменение внутренней энергии системы		0
D.	на изменение потенциальной энергии элементов системы		0
E.			
	Общий отзыв к вопросу:		
	Для любого правильного ответа:	Ваш ответ верный.	
	Для любого неправильного ответа:	Ваш ответ неправильный.	
	Подсказка 1:		
	Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):	Нет	
	Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):	Нет	
	Теги:		
Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (МС/МА)			

Что называется изотермической поверхностью температурного поля?			*MC*
		Балл по умолчанию:	1
		Случайный порядок ответов	Да
		Нумеровать варианты ответов?	a
		Штраф за каждую неправильную попытку:	33.3
		ID-номер:	
#	**Ответы**	**Отзыв**	**Оценка**
A.	воображаемая или реальная поверхность, в каждой точке которой, температура изменяется по линейному закону, называется изотермической		0
B.	воображаемая или реальная поверхность, в каждой точке которой, температура остаётся постоянной, называется изотермической		0
C.	воображаемая или реальная поверхность, в каждой точке которой, температура одинакова, называется изотермической		100
D.	воображаемая или реальная поверхность, в каждой точке которой, температура может быть измерена, называется изотермической		0
E.			0
	Общий отзыв к вопросу:		
	Для любого правильного ответа:	Ваш ответ верный.	
	Для любого неправильного ответа:	Ваш ответ неправильный.	
	Подсказка 1:		
	Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):	Нет	
	Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):	Нет	
	Теги:		
Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)			

Тема 3. Элемент памяти

В каком направлении температурного поля имеется наибольший перепад температуры на единицу длины?			*MC*
		Балл по умолчанию:	1
		Случайный порядок ответов	Да
		Нумеровать варианты ответов?	a
		Штраф за каждую неправильную попытку:	33.3
		ID-номер:	
#	**Ответы**	**Отзыв**	**Оценка**
A.	в направлении нормали к изотермической поверхности		100
B.	в направлении максимальной температуры		0
C.	в направлении роста температуры		0
D.	в направлении границы тела		0
E.			0
	Общий отзыв к вопросу:		
	Для любого правильного ответа:	Ваш ответ верный.	
	Для любого неправильного ответа:	Ваш ответ неправильный.	
	Подсказка 1:		
	Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):	Нет	
	Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):	Нет	
	Теги:		
Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)			

Из каких составляющих состоит внутренняя энергия тела при действии КПЭ?			*МС*
		Балл по умолчанию:	1
		Случайный порядок ответов	Да
		Нумеровать варианты ответов?	a
		Штраф за каждую неправильную попытку:	33.3
		ID-номер:	
#	**Ответы**	**Отзыв**	**Оценка**
A.	внутренняя энергия тела состоит из кинетической энергии движения молекул вещества, которая увеличивается из-за высокой температуры		0
B.	внутренняя энергия тела состоит из кинетической энергии движения молекул вещества и кинетической энергии движения свободных электронов		0
C.	внутренняя энергия тела состоит из кинетической энергии движения молекул вещества и энергии их столкновений;		0
D.	внутренняя энергия тела состоит из кинетической энергии движения молекул вещества и потенциальной энергии их взаимодействия		100
	Общий отзыв к вопросу:		
	Для любого правильного ответа:	Ваш ответ верный.	
	Для любого неправильного ответа:	Ваш ответ неправильный.	
	Подсказка 1:		
	Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):	Нет	
	Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):	Нет	
	Теги:		
Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (МС/МА)			

Почему невозможно осуществить обычными методами местный нагрев материала до температуры фазовых переходов с целью его дозированного удаления?			*MC*
		Балл по умолчанию:	1
		Случайный порядок ответов	Да
		Нумеровать варианты ответов?	a
		Штраф за каждую неправильную попытку:	33.3
		ID-номер:	
#	**Ответы**	**Отзыв**	**Оценка**
A.	при нагревании заготовки обычными методами энергии слишком много для местного нагрева		0
B.	при нагревании заготовки обычными методами тепло очень быстро распространяется по всему её объёму		100
C.	при нагревании заготовки обычными методами не хватает энергии для местного нагрева		0
D.	при нагревании заготовки обычными методами КПД нагрева оказывается очень низким для практического использования		0
	Общий отзыв к вопросу:		
	Для любого правильного ответа:	Ваш ответ верный.	
	Для любого неправильного ответа:	Ваш ответ неправильный.	
	Подсказка 1:		
	Показать количество правильных ответов (Подсказка 1):	Нет	
	Удалить некорректные ответы (Подсказка 1):	Нет	
	Теги:		
Позволяет выбирать один или несколько правильных ответов из заданного списка. (MC/MA)			

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится на 5 семестре обучения в форме зачёта и на 6 семестре в форме экзамена

Зачёт и экзамен проводятся по билетам, ответы предоставляются письменно с последующим устным собеседованием. Билеты формируются из вопросов представленного ниже перечня.

Регламент проведения зачёта:

1. В билет включается (2-3) теоретических вопроса из разных разделов дисциплины и

2. Перечень вопросов содержит 25 вопросов по изученным темам на лекционных и практических занятиях (прилагается).

3. Время на подготовку письменных ответов - до 40 мин, устное собеседование - до 10 минут.

4. Проведение аттестации (зачёта) с использованием средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий выполняется в соответствии с утверждённым в университете "Порядком проведения промежуточной аттестации с использованием средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий"

Перечень вопросов для подготовки к зачёту и экзамену для составления билетов для (6,7 семестров) (ОПК-9, ПК-1)

Вопросы для зачёта (6 семестр)

1. Классификационная схема методов ЭФЭХМО и методы КПЭ.
2. Определение КПЭ, виды КПЭ, основные составные части источников КПЭ.
3. Обзор и сравнительные характеристики основных источников КПЭ и области их применения в технологии.
4. Воздействие КПЭ на материал, области применения технологий КПЭ.
5. Мощность потока и удельный поток - определение, ППМ.
6. Плотность потока частиц. Формула связи плотности частиц и скорости потока с его плотностью.
7. Виды распределения ППМ по поверхности материала.
8. Формула нормального распределения. Коэффициент сосредоточенности
9. История изобретения ЭЭО.
10. Условия возникновения в МЭП электрического разряда.
11. Стадии искрового электрического разряда при ЭЭО.
12. Эффект полярности при ЭЭО.
13. Режим генератора импульсов при ЭЭО, и его параметры.
14. Коэффициент использования импульсов при ЭЭО.
15. Роль жидкой диэлектрической среды (ЖДС) при ЭЭО.
16. Основные характеристики процесса ЭЭО.
17. Энергетический баланс импульсного воздействия при ЭЭО.
18. Тепловое действие искрового разряда, фазовые переходы в материалах электродов при ЭЭО.
19. Качество поверхностного слоя после ЭЭО
20. Рельеф и параметры шероховатости поверхности электродов при ЭЭО.
21. Технологические возможности ЭЭО.
22. Недостатки процесса ЭЭО.
23. Электроэрозионное резание электродом-проволокой (ВЭЭО).
24. Основные характеристики ВЭЭО, эквидистантный рез.
25. Возможности и области применения ВЭЭО.
26. Копировально-прошивочная ЭЭ обработка, характеристики и области применения.
27. Точность КПЭЭО.
28. Основные понятия: поток, распределение потока в пространстве, удельный поток, полный поток и их взаимосвязь.
29. Потоки энергии, концентрированные потоки энергии (КПЭ), общие принципы получения и концентрации потоков энергии.
30. Основные принципы воздействия КПЭ на конструкционные материалы.

31. Основы аналитической теории теплопроводности, понятие температурного поля, виды температурных полей и способы их описания, границы применимости теории.
32. Основные понятия теории теплопроводности. Изотермические поверхности. Линии тока тепла. Внутренние источники и потоки тепла, возникающие в обрабатываемом теле при воздействии КПЭ.
33. Основной закон теплопроводности, понятие градиента и напряжённости температурного поля, связь между потоком тепла и напряжённостью поля.
34. Понятия мгновенного и точечного источников тепла, модель МТИ.
35. Зависимости температуры от времени при фиксированном расстоянии, и от расстояния при фиксированном времени для МТИ в ПБТ.
36. Средняя температура и теплосодержание материала в области плавления.
37. Зависимости температуры от времени ИТИ в ПБТ для различных длительностей импульса при фиксированной энергии.
38. Зависимости температуры от времени ИТИ в ПБТ для различных расстояний от точки воздействия, при фиксированной энергии.
39. Положения изотермы плавления в зависимости от длительности и энергии импульса.
40. Понятия критической плотности мощности для импульсного и постоянно действующего источников тепла. Основные формулы.
41. Определение электронного луча, устройство электронной пушки.
42. Движение электронов в электронной пушке.
43. Основные параметры электронного луча и их зависимость от вида технологического процесса.
44. Взаимодействие электронного луча с веществом, глубина проникновения, рассеянье электронов, отражение и поглощение электронов.
45. Основные виды излучения при взаимодействии электронного потока с веществом и их характеристики.
46. Обобщенная схема формирования интенсивного электронного потока.
47. Проблемы создания генераторов с высоким первеансом, идея и конструкция пушки Пирса.
48. Эмпирические формулы глубины проникновения электронов в металл.
49. Модель зоны взаимодействия электронного пучка с веществом.
50. Схема теплового источника при ЭЛО.
51. Тепловой баланс ЭЛ нагрева в зоне взаимодействия с веществом.
52. Физические явления при кинжальном проплавлении при ЭЛО.
53. Варианты взаимодействия ЭЛ с веществом при ЭЛО в зависимости от величины ППМ.
54. Основные свойства лазерного излучения. Понятия: когерентность, монохроматичность, расходимость ЛИ.
55. Устройство ОКГ. Основные и вспомогательные элементы ОКГ.
56. Классификация видов ОКГ.
57. Взаимодействие ЛИ с веществом, коэффициенты поглощения и отражения.
58. Глубина проникновения ЛИ в вещество, понятие скин-слоя, зависимость толщины скин слоя от свойств материала.
59. Способы повышения поглощающей способности материалов.
60. Требования к поглощающим покрытиям, покрытия, используемые на практике.
61. Фокусирующая оптика и перемещение лазерного луча в пространстве.
62. Виды лазерной сварки, классификация.
63. Значения ППМ при ЛС, среды, преимущества ЛС.
64. Лазерная термообработка и закалка.
65. Поверхностное легирование с помощью ЛИ.
66. Получение металлических стекол с помощью ЛИ.

67. Лазерное термо раскалывание.
68. Лазерная резка.
69. Виды поверхностной лазерной обработки
70. Лазерная наплавка.
71. Лазерное шоковое упрочнение.
72. Особенности ЛО импульсным излучением.
73. Особенности ЛО непрерывным излучением.
74. Техпроцессы лазерного легирования, наплавки.
75. Лазерная маркировка и гравировка деталей
76. Лазерная балансировка роторов.
77. Лазерного воздействия при механической обработке.
78. Лазерные технологии получения отверстий.

Вопросы для экзамена (8 семестр)

1. Определение электрохимической обработки (ЭХО)
2. Электрический ток в электролитах, электроды ЭХ ячейки.
3. Определение электролита и электролитической диссоциации.
4. Сильные и слабые электролиты, степень диссоциации.
5. Процессы окисления и восстановления химических веществ на электродах.
6. Катодные процессы, электрохимический ряд напряжений.
7. Сущность процесса ЭХО. Виды ЭХО.
8. Электродные процессы, химические реакции на электродах и в растворе при ЭХО.
9. Сущность процессов гальваностегии и гальванопластики, области применения и выполняемые функции.
10. Области применения гальваностегии и гальванопластики.
11. Распределение потенциала в МЭП, Эквивалентная схема МЭП.
12. Величина тока, протекающего через МЭП.
13. Линейная скорость растворения электродов при ЭХО.
14. Явление пассивации электродов при ЭХО, его влияние на процесс обработки, пути преодоления пассивации.
15. Зависимости основных выходных показателей процесса ЭХРО от режимов обработки и свойств электролита.
16. Виды электрохимической размерной обработки.
17. Области применения ЭХРО
18. Достоинства и недостатки ЭХО.
19. Сущность, разновидности и области применения электрохимического травления (ЭХТ).
20. Сущность, разновидности и области применения электрохимического полирования (ЭХП).
21. Этапы развития ЭХРО за рубежом в СССР и в России?
22. Современные показатели точности и шероховатости поверхности при ЭХРО.
23. Ультразвук – определение, частотные диапазоны, области применения.
24. Физические и математические модели УЗ, виды УЗ – волн и их параметры.
25. Источники УЗ колебании в технике.
26. Кавитация, её физический смысл и влияние на технологические процессы.
27. Ультразвуковое абразивное резание, виды, характеристики, области применения.
28. УЗ сварка, характеристика, достоинства и недостатки, области применения.
29. Виды УЗ сварки.
30. УЗ пластическая деформация и упрочнение.
31. Использование УЗ в металлургии.

32. Ультразвуковая мойка и очистка, принцип действия, устройство и области применения.

Регламент проведения зачёта и экзамена:

1. В билет включается (3) вопроса из разных разделов дисциплины и (одно, два) практических задания

2. Перечень вопросов содержит 47 вопросов по изученным на лекционных и практических занятиях в обоих семестрах темам (прилагается).

3. Время на подготовку письменных ответов - до 40 мин, устное собеседование - до 10 минут.

4. Проведение аттестации (экзамена) с использованием средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий выполняется в соответствии с утверждённым в университете "Порядком проведения промежуточной аттестации с использованием средств электронного обучения и дистанционных образовательных технологий"

Приложение 1

Тематический план

Технологические основы физико-химической обработки
по направлению подготовки 15.03.01 «Машиностроение»
Профиль подготовки
«Высокоэффективные технологические процессы и оборудование»

Раздел/тема	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
			Л	П/С	Лаб. раб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Рефр.	/р		
Раздел 1. Основные понятия и определения курса.	**8**		**1**	**1**		**22**								
Тема 1.1 Обзор основных видов ФЭХМО. Физические принципы, лежащие в их основе,		1	0,5	1										
Тема 1.2. Разграничение электрофизических методов обработки на методы, основанные на воздействии концентрированных потоков энергии (КПЭ) на обрабатываемый материал, и методы, основанные на других принципах.		2	0,5											

Раздел 2. Электрофизические методы обработки, использующие КПЭ.			**2**	**2**		**24**								
Тема 2.1. Особенности теплового воздействия КПЭ на материалы в условиях различных технологических процессов обработки КПЭ.			0,5											
Тема 2.2 Основные характеристики и области применения ЭЛО. Основные параметры электронного луча. Обзор технологических применений ЭЛ. Параметры ЭЛ при сварке, и при размерной обработке.			0,5											
Тема 2.3 Общая характеристика лазерных технологий. Частотные диапазоны излучения лазеров различных типов. Свойства и энергетические характеристики лазерного излучения. Фокусировка лазерного излучения.			0,5	2										
Тема 2.4 Принципы использования лазерного излучения для построения технологических процессов. Лазерная термообработка, закалка, отжиг. Лазерное поверхностное легирование. Лазерная сварка. Лазерная резка**.**			0,5											
Раздел 3 Электроэрозионная обработка деталей (ЭЭО)			**6**	**2**		**46**								
Тема 3.1. История изобретения ЭЭО. Определение, общая характеристика, виды и области применения электроэрозионной обработки деталей (ЭЭО).			0,5											

Тема 3.2. Физические, физико-механические и физико-химические явления при искровом разряде. ЭЭО как разновидность технологии КПЭ. Основные схемы генераторов импульсов для получения искровых разрядов.			0,5											
Тема 3.3. Электроэрозионное резание - характеристики, режимы, области применения, оборудование.			1											
Тема 3.4. Электроэрозионное резание Рабочие параметры ВЭЭО. Системы управления процессом ВЭЭО.			1											
Тема 3.5. Копировальнопршивочная ЭЭО - характеристики, режимы обработки, области применения, оборудование. Вспомогательные движения инструмента при КПЭЭО. Системы управления процессом КПЭЭО.			1											
Тема 3.6. Явления переноса при ЭЭО. Электроискровое легирование поверхностей деталей.			2											
Итого за 8 семестр			**9**	**5**	**2**	**92**							3	
Раздел 4 Электрохимическая обработка материалов (ЭХО).			**14**	**3**	**9**	**46**								
Тема 4.1. История возникновения, сущность и варианты реализации ЭХО материалов. Области применения ЭХО.			2		3									
Тема 4.2. Электрические процессы при электролизе в электролите и на электродах. Основные сведения об			2		3									

электродном потенциале. Современные представления о кинетике электродных процессов. Процессы электрохимического осаждения и растворения металлов и сплавов.														
Тема 4.3. Характеристики и свойства электрохимических покрытий, их использования в технике. Технологические основы гальванического осаждения покрытий из железа, хрома, никеля, меди.			2		3									
Тема 4.4. Режимы ЭХРО. Распределение потенциала в межэлектродном пространстве при ЭХРО. Явление пассивации при ЭХРО и пути её преодоления. Скорость анодного растворения. Точность ЭХРО. ЭХРО на постоянном токе. Основные проблемы реализации ЭХРО.			4											
Тема 4.5. Имульсноциклическая и виброциклическая ЭХО, особенности, достоинства и недостатки, области применения. Управление процессом ЭХО. Оборудование для ЭХО.			4											
Раздел 5 Ультразвуковая обработка (УЗО) материалов.			**8**	**2**	**9**	**46**								
Тема 5.1 Основные понятия УЗО, и физические явления при получении и распространении ультразвука.			2		3									

Магнитострикционный и пьезоэлектрический эффекты. Установки для получения ультразвука. Области применения ультразвука в технологии.														
Тема 5.2. Ультразвуковая абразивная резка, виды, режимы, технологические характеристики и области применения.			2		3									
Тема 5.4. Другие применения УЗ в технологии..			2		3									
Итого за 9 семестр			**9**	**5**	**2**	**92**								
Итого за курс			**18**	**10**	**4**	**184**								