

Автономное образовательное учреждение  
высшего образования Ленинградской области  
«Государственный институт экономики, финансов, права и технологий»

Утверждаю  
Проректор по образовательной  
деятельности и цифровой  
трансформации  
Е.В. Карпичев  
«26» декабря 2024 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**«ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛАЗЕРНОЙ ОБРА-**  
**БОТКИ МАТЕРИАЛОВ»**

Направление подготовки:  
**44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)**  
(уровень бакалавриата)

Направленность (профиль) образовательной программы  
«Технология и организация производства»

Форма обучения  
очная

Гатчина  
2024

Рабочая программа по дисциплине «Технология и организация производства лазерной обработки материалов» разработана на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее ФГОС ВО) по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) направленность (профиль) образовательной программы «Технология и организация производства»

Уровень: бакалавриат

Организация-разработчик: АОУ ВО ЛО «Государственный институт экономики, финансов, права и технологий»

Разработчик: преподаватель Шакута И.И.

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры педагогики, социальной работы и гуманитарных дисциплин «30» октября 2024 г. Протокол №2.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП  / Талалай Г.С.

# СОДЕРЖАНИЕ

1. Пояснительная записка (цели и задачи) освоения дисциплины (модуля) ....	4
2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы .....	6
3. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	7
4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	8
5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий .....	9
6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) .....	20
7. Фонд оценочных и методических материалов для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине .....	20
8. Перечень основной, дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля) .....	34
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) .....	35
10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья .....	38
11. Перечень информационных технологий, профессиональных баз данных, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.....	39
12. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) .....	39

## **1. Пояснительная записка (цели и задачи) освоения дисциплины (модуля)**

Курс «*Технология и организация производства лазерной обработки материалов*» занимает важное место при подготовке бакалавров по направлению 44.03.05 – Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки). Это связано с тем, что дисциплина «Технология и организация производства лазерной обработки материалов» включена в структуру образовательной программы и относится к дисциплинам части формируемой участниками образовательных отношений. Она осваивается на 4 курсе, в 7 семестре. Изучение дисциплины «Технология и организация производства лазерной обработки материалов» — основа для прохождения студентами педагогической практики и подготовки к государственной итоговой аттестации.

Цель освоения дисциплины «*Технология и организация производства лазерной обработки материалов*» заключается: приобретение студентами компетенции, которая позволяет практически использовать навыки технологии лазерной обработки материалов в профессиональной (производственной и научной) деятельности.

Рабочая программа учебной дисциплины направлена на воспитание и приобретение обучающимися теоретических знаний, необходимых для успешного освоения иных учебных дисциплин, составляющих профессиональный цикл основной образовательной программы.

*Задачами освоения дисциплины являются:*

- освоение студентами технологических основ работы на лазерных станках;
- ознакомление с устройством основной группы лазерных станков и управлением ими;
- развитие технологического мышления, творческих способностей и художественного вкуса.

При изучении данной дисциплины «*Технология и организация производства лазерной обработки материалов*» обучающийся должен знать:

- технологические лазеры. Основные сферы применения лазеров, требования к их параметрам, технико-эксплуатационные характеристики;
- особенности лазерного излучения. Роль когерентности лазерного излучения в технологических задачах, виды и роль оптических резонаторов в формировании лазерных пучков;
- основные физические процессы лазерных технологий. Лазерное нагревание и сопутствующие ему фазовые переходы, химические реакции, структурные превращения и другие термоактивируемые процессы. Скорости протекания процессов, градиенты температуры, термонапряжения;
- лазерную обработку излучением мощных лазеров. Особенности взаимодействия излучения мощных лазеров с материалами, области практического применения мощного лазерного излучения;
- устройство основной группы лазерных станков и управление ими.

При изучении данной дисциплины «*Технология и организация производства лазерной обработки материалов*» обучающийся должен уметь:

- освоение технологических основ работы на лазерных станках. Включает изучение устройства основных типов лазерных станков и принципов их управления;
- развитие технологического мышления, творческих способностей и художественного вкуса в контексте применения лазерных технологий;
- оценка основных параметров излучения, используемого в технологических процессах лазерной обработки;
- количественная оценка характеристик лазерных воздействий на материалы.
- выбор схемы реализации процессов лазерной обработки для решения конкретных исследовательских или производственных задач в условиях производства;
- анализ возможностей технологических процессов лазерной обработки конструкционных материалов и конкретных изделий для улучшения их механических, трибологических, коррозионных свойств и эксплуатационной надёжности;
- использование приобретённых знаний для экспериментальных исследований в области лазерной обработки и интерпретации полученных результатов;
- комментирование в устной и письменной форме представленных материалов, схем и данных, связанных с лазерной обработкой.

При изучении данной дисциплины «*Технология и организация производства лазерной обработки материалов*» обучающийся должен владеть навыками:

- освоение технологических основ работы на лазерных станках. Включает изучение устройства основной группы лазерных станков и принципов их управления;
- развитие технологического мышления, творческих способностей и художественного вкуса в контексте применения лазерных технологий.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующей компетенции (следующих компетенций):

Компетенция (и)	Индикатор (ы)
ПК-2 Способен использовать в профессиональной деятельности знания основных положений и концепций в области технологии, а также смежных метапредметных дисциплин	ПК-2.1 Знает особенности основных положений и концепций в области технологии, а также смежных метапредметных дисциплин
	ПК-2.2 Умеет толковать основные положения и концепции в области технологии, а также смежных метапредметных дисциплин
	ПК-2.3 Владеет навыками передачи общего содержания положений и концепций в области технологии, а также смежных метапредметных дисциплин

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

«Технология и организация производства лазерной обработки материалов» является дисциплиной обязательной части для подготовки студентов по направлению 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки).

Шифр компетенции	Предшествующие дисциплины (модули), практики учебного плана, в которых осваивается компетенция	Дисциплины (модули), практики учебного плана, в которых компетенция осваивается параллельно с изучаемой дисциплиной	Последующие дисциплины (модули), практики учебного плана, в которых осваивается компетенция
ПК-2	Материаловедение, Теоретическая механика, Инженерная графика, Практикум по обработке пищевых продуктов, Основы робототехники, Основы электротехники, Практикум по обработке текстильных материалов, Практикум по обработке конструкционных материалов, Теория и методика обучения робототехнике, Методы производственного обучения, Черчение, Физика, Компьютерная графика, Образовательная робототехника, Основы арт-дизайна кулинарной и кондитерской продукции, Основы программирования, Основы автоматики и электроники.	Основы технического творчества, Scratch-программирование, Прототипирование и макетирование, Художественная обработка материалов, Декоративная отделка материалов. .	Основы технического предпринимательства, Основы мехатроники, Теория и методика обучения технологии, Технологии современного производства, Предметно-методический модуль (профиль: Организация производства), Программирование на языке C++, Программирование на языке Python, Современные технологии художественной обработки материалов, Современные технологии декоративной отделки материалов, Производственная практика (педагогическая практика), Производственная практика (преддипломная практика), Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена, Выполнение и защита выпускной квалификационной работы.

**4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость освоения учебной дисциплины «Технология и организация производства лазерной обработки материалов» составляет 3 зачетных единицы или 108 академических часа.

Курс / семестр		4 курс / 7 семестр	Всего, часов
Общая трудоемкость (всего ак. часов / з.ед)		108 / 3	108/ 3
Контактная работа	Лекции	16	16
	Практические занятия	32	32
Самостоятельная работа		33	33
Вид промежуточной аттестации	Экзамен	2.3/24.7	27

**5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий**

№	Наименование раз- дела дисциплины (тема)	Трудоемкость					Содержание
		Всего	Контактная работа <sup>1</sup>			СРС	
			Л	ПЗ	ЛЗ		
7 семестр							
1.	Тема 1. Основы ла- зерной техноло- гии. Взаимодей- ствие лазерного излучения с мате- риалами.	16	2	8	-	6	<i>Лекция:</i> <b>Основы лазерной технологии:</b> Принципы работы лазеров: генерация излучения, оптические резонаторы, ак- тивная среда. Типы лазеров по активной среде: газовые (CO <sub>2</sub> ), твердотельные (Nd:YAG), волоконные, диодные, эксимерные и др. Их характеристики и области при- менения. Свойства лазерного излучения: когерентность, монохроматичность, направ- ленность, высокая интенсивность. Экономические аспекты и перспективы промышленного применения техно- логических лазеров. <b>Взаимодействие лазерного излучения с материалами:</b> Физические процессы при лазерной обработке: поглощение света, нагрев, плавление, испарение, ионизация. Особенности взаимодействия лазерного излучения с металлами, полупро- водниками, неметаллами. Влияние параметров лазерного излучения (мощность, длительность им- пульса, длина волны) на процесс обработки. Критические плотности потока лазерного излучения и их роль в технологи- ческих процессах (нагрев, плавление, испарение).  <i>Практическое занятие:</i>

<sup>1</sup> Л. – лекция. ПЗ – практическое занятие. ЛЗ – лабораторное занятие. СРС – самостоятельная работа студента

						<p><b>Основы лазерной технологии.</b></p> <p><b>«Взаимодействие лазерного излучения с веществом»:</b></p> <p>Исследование процессов взаимодействия лазерного излучения с металлами. Изучение влияния длительности лазерного излучения и длины волны на процессы нагрева, плавления, испарения металлов.</p> <p>Изучение оптических свойств лазерно-модифицированных металлических плёнок. Анализ изменений оптических характеристик материалов после лазерного воздействия.</p> <p>Исследование процессов взаимодействия лазерного излучения с полупроводниковыми материалами. Рассмотрение тепловых и нетепловых моделей лазерного отжига.</p> <p>Лазерная маркировка и гравировка полимерных материалов. Практические работы по нанесению маркировки на полимерные изделия.</p> <p>Изучение процессов поглощения лазерного излучения в диэлектрических материалах. Анализ влияния параметров лазерного излучения на распространение и поглощение в диэлектриках.</p> <p>Исследование процессов рассеяния света на областях лазерного пробоя в прозрачных материалах.</p> <p><b>«Технологии лазерной обработки материалов»</b></p> <p>Основы работы с системой лазерной резки и гравировки на базе CO<sub>2</sub>-лазера. Практические работы по подготовке и запуску станка, работе с ячеистым столом, чистке линз и зеркал.</p> <p>Создание технологической модели лицевой панели прибора с последующей наладкой лазерного CO<sub>2</sub>-станка и изготовлением. Работа с чертежом детали, нанесение информации или логотипа, расчёт толщины линий гравировки.</p> <p>Изучение устройства, принципа работы и характеристик твердотельного импульсного лазера. Практические занятия по анализу параметров лазерных установок.</p> <p>Термоупрочнение металлов импульсным лазерным излучением. Практические работы по исследованию методов упрочнения материалов.</p> <p>Лазерная сварка. Практические занятия по особенностям процесса лазерной сварки.</p>
--	--	--	--	--	--	--

							<i>Самостоятельная работа:</i> подготовиться к устному опросу, конспект, доклад, реферат, подготовка к экзамену.
2.	Тема 2. Фокусировка лазерного излучения. Методы лазерной обработки материалов.	16	2	8	-	6	<p><i>Лекция: Фокусировка лазерного излучения:</i>  Оптические системы, используемые в технологии лазерной обработки.  Общие параметры расчёта фокусирующих систем.  Фокусировка лазерного излучения одиночными линзами и с применением эксцентрических линз.  Расчёт параметров зеркальных объективов.</p> <p><b>Методы лазерной обработки материалов:</b>  Поверхностная лазерная обработка: термообработка, закалка, легирование, наплавка.  Лазерная сварка: классификация способов, технологические особенности, сварка материалов малых толщин и с глубоким проплавлением.  Лазерная резка: принципы, виды (разделение, термораскалывание, скрайбирование), материалы для обработки.  Лазерная маркировка и гравировка: применение для металлов, пластмасс, стекла, дерева.  Лазерное сверление и микрообработка.</p> <p><i>Практическое занятие:</i>  <i>Цели практических занятий:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– закрепить навыки расчёта параметров лазерного излучения и процессов его взаимодействия с материалами;</li> <li>– научиться выбирать оптимальные режимы лазерной обработки в зависимости от типа материала и требуемого результата;</li> <li>– развить умение анализировать и сравнивать различные методы лазерной обработки;</li> <li>– приобрести навыки работы с оптическими схемами и оборудованием для лазерной обработки.</li> </ul> <p><b>1. Расчёт параметров фокусировки лазерного излучения.</b></p>

						<p>Задача: определить длину и диаметр световой трубки, образующейся при фокусировке пучка лазерного излучения диаметром <math>D_0D_0</math> и расходимостью <math>\theta\theta</math> линзой с фокусным расстоянием <math>ff</math>.</p> <p>Задача: изобразить графически зависимость размера фокального пятна от расстояния между лазером и фокусирующей оптической системой и от угла расходимости лазерного излучения <math>\theta\theta</math>.</p> <p>Задача: вывести формулу для геометрической глубины резкости при фокусировке лазерного излучения.</p> <p><b>2. Расчёт пространственно-геометрических характеристик лазерных пучков.</b></p> <p>Задача: рассчитать угол расходимости, размер фокального пятна и глубину резкости для одномодового, многомодового, дифракционно-ограниченного и теоретических пучков.</p> <p>Задача: рассчитать оптическую систему энергетического фокусирующего канала для лазера на аргоне (<math>\lambda=514\lambda=514</math> нм, диаметр пучка на выходе лазера 1,5 мм на уровне <math>1/e</math>, расходимость пучка 0,5 мрад), если излучение должно быть сфокусировано в вакуумированной кювете длиной 30 мм в пятно диаметром 1,2 мкм.</p> <p><b>3. Определение расходимости излучения для заданных условий.</b></p> <p>Задача: определить расходимость пучка рубинового лазера, необходимую для получения на поверхности Луны пятна диаметром 3 км. Предложить оптическую схему системы.</p> <p>Задача: определить расходимость излучения лазера, обеспечивающую пятно диаметром 0,5 мм на поверхности Фобоса, если лазер удалён от его поверхности на расстояние 100 м. Предложить оптическую схему.</p> <p><b>4. Анализ методов лазерной обработки материалов.</b></p> <p>Задание: сравнить импульсный и непрерывный режимы лазерной обработки по эффективности для конкретных задач (например, резки, сварки, гравировки).</p> <p>Задание: рассмотреть методы обеспечения импульсного режима воздействия (режимы свободной генерации, модуляции добротности и синхронизации</p>
--	--	--	--	--	--	--

						<p>мод) и сравнить их по параметрам: КПД, энергия импульса, длительность импульса, средняя и импульсная мощность, частота следования импульсов.</p> <p><b>5. Оптические схемы лазерной обработки.</b></p> <p>Задание: изучить принципы работы и особенности контурно-проекционного метода формирования оптического изображения. Сравнить его с другими методами (например, мультиплицированием изображения, фотонабором).</p> <p>Задание: изобразить принципиальные схемы лазерных установок с плоттером и координатным столом.</p> <p><b>6. Расчёт параметров для конкретных технологических процессов.</b></p> <p>Задача: рассчитать мощность излучения лазера, необходимую для достижения частицами меди скорости 0,1 м/с при размере облучённой области 1 см<sup>2</sup>. Поглощательную способность частиц принять равной 0,1.</p> <p>Задача: оценить плотность фотонов, давление света на мишень и плотность мощности излучения при диаметре облучённой области 1 см<sup>2</sup> и заданных значениях длительности импульса <math>\tau</math>, энергии импульса <math>W</math> и длины волны излучения <math>\lambda</math>.</p> <p><i>Самостоятельная работа:</i> подготовиться к устному опросу, конспект, доклад, реферат, проверить решение задач, подготовка к экзамену.</p>
3.	Тема 3. Лазерные технологии в различных материалах. Лазерные аддитивные технологии.	18	4	8	-	6 <p><i>Лекция: Лазерные технологии в различных материалах:</i></p> <p>Обработка металлов (стали, алюминия, титана, меди и др.).</p> <p>Обработка неметаллов (дерево, пластик, акрил, керамика, композиты).</p> <p>Особенности обработки хрупких материалов и полупроводников.</p> <p><b>Лазерные аддитивные технологии:</b></p> <p>Селективное лазерное плавление/спекание металлических порошков (СЛП/СЛС).</p> <p>Высокоскоростное лазерное спекание/плавление (ВЛС/ВЛП) высокодисперсных порошковых материалов.</p> <p>3D-печать и лазерная стереолитография.</p> <p><i>Практическое занятие:</i></p> <p><b>Основы лазерных аддитивных технологий (LAM — Laser Additive Manufacturing).</b></p>

						<p>Изучение принципов построения объектов с использованием лазерного излучения.</p> <p>Сравнение LAM с традиционными методами производства.</p> <p>Анализ преимуществ и недостатков аддитивных технологий, включая снижение расхода материала, повышение качества изделий и возможность создания геометрически сложных моделей.</p> <p><b>Методы лазерных аддитивных технологий.</b></p> <p>Селективное лазерное сплавление металлических порошков (SLM). Особенности процесса, материалы, области применения (машиностроение, аэрокосмическая промышленность).</p> <p>Прямое лазерное спекание металлических порошков (DMLS). Отличия от SLM, промышленные примеры использования.</p> <p>Селективное лазерное спекание полимерных порошков (SLS). Характеристики метода, получаемые материалы, применение в производстве прототипов и функциональных деталей.</p> <p>Лазерная стереолитография (SLA). Обработка фотополимеров лазером, особенности технологии, сферы применения (ювелирная промышленность, стоматология).</p> <p>Прямое энергетическое осаждение (DED/LMD/DMD). Процесс подачи материала (порошка или проволоки) в зону фокусировки лазера, мгновенное плавление и осаждение на подложку.</p> <p><b>Работа с программным обеспечением для аддитивного производства.</b></p> <p>Освоение CAD/CAM-систем для создания 3D-моделей, пригодных для лазерной печати.</p> <p>Настройка параметров печати (толщина слоя, скорость сканирования, мощность лазера и др.) в зависимости от материала и требуемых характеристик изделия.</p> <p>Использование специализированного ПО для управления лазерными аддитивными установками.</p> <p><b>Выбор материалов для лазерных аддитивных технологий.</b></p> <p>Изучение свойств инженерных пластиков, металлов, керамики, песка, порошков и полимеров, используемых в аддитивном производстве.</p>
--	--	--	--	--	--	---

							<p>Сравнение материалов по таким параметрам, как прочность, термостойкость, гибкость, биосовместимость.</p> <p>Примеры применения материалов в различных отраслях (медицина, авиация, строительство и др.).</p> <p><b>Оборудование для лазерного аддитивного производства.</b></p> <p>Одномодовые лазерные источники, коллиматоры, сканаторные головы, платы управления, чиллеры.</p> <p>Комплексные решения под ключ для лазерного аддитивного производства.</p> <p>Практическая работа с промышленными установками: настройка, запуск, мониторинг процесса печати.</p> <p><b>Постобработка изделий, полученных с помощью лазерных аддитивных технологий.</b></p> <p>Методы удаления поддерживающих структур.</p> <p>Термическая обработка для снятия остаточных напряжений.</p> <p>Механическая и лазерная полировка поверхности.</p> <p><b>Решение прикладных задач.</b></p> <p>Проектирование и изготовление прототипа детали с использованием лазерного аддитивного метода (например, элемента двигателя, медицинского имплантата, компонента электроники).</p> <p>Оптимизация параметров печати для минимизации дефектов (пористость, растрескивание и др.).</p> <p>Анализ экономических аспектов применения аддитивных технологий в сравнении с традиционными методами производства.</p> <p><b>Безопасность и экологичность лазерных аддитивных технологий.</b></p> <p>Изучение норм техники безопасности при работе с лазерным оборудованием.</p> <p>Оценка экологических рисков, связанных с использованием материалов и энергопотреблением технологий.</p> <p><i>Самостоятельная работа:</i> подготовиться к устному опросу, конспект, доклад, реферат, подготовка к экзамену.</p>
4.	Тема 4. Безопасность и эксплуатация лазерных	15	4	4	-	7	<p><b>Лекция: Безопасность и эксплуатация лазерных установок:</b></p> <p>Основные требования по обеспечению безопасности при работе с технологическими лазерами.</p>

	установок. Перспективные направления развития.					<p>Опасные и вредные производственные факторы при эксплуатации лазеров. Классификация лазеров по степени опасности.</p> <p><b>Перспективные направления развития:</b></p> <p>Гибридные лазерные технологии (сочетание с другими методами обработки).</p> <p>Сверхбыстрые лазеры (пико- и фемтосекундные) и их применение.</p> <p>Лазерные технологии в медицине, электронике, аэрокосмической промышленности.</p> <p><i>Практическое занятие:</i></p> <p><b>Анализ нормативных документов по лазерной безопасности.</b> Изучение ГОСТ 12.1.040-83 «Лазерная безопасность. Общие положения», требований Трудового кодекса РФ и других нормативных актов, регулирующих эксплуатацию лазерных установок. Практическое задание: составление перечня обязательных документов для организации рабочего места с лазерным оборудованием.</p> <p><b>Оценка рисков при работе с лазерными установками.</b> Идентификация потенциальных опасностей: воздействие лазерного излучения на глаза и кожу, риск возгорания материалов, перегрев оборудования, электрические риски. Практическое задание: анализ конкретных ситуаций (например, работа с отражающими материалами, обработка ПВХ или тефлона) и разработка мер предосторожности.</p> <p><b>Средства индивидуальной и коллективной защиты.</b> Изучение типов защитных очков, спецодежды, экранов, систем вентиляции и пожаротушения. Практическое задание: подбор средств защиты для различных типов лазерных установок и обрабатываемых материалов.</p> <p><b>Эксплуатация систем охлаждения и вентиляции.</b> Проверка работоспособности чиллеров, водяных помп, вытяжных систем. Практическое задание: расчёт параметров системы охлаждения для конкретной лазерной установки с учётом её мощности и режима работы.</p> <p><b>Техническое обслуживание лазерных установок.</b> Очистка оптических компонентов (линз, зеркал), проверка заземления, контроль состояния кабе-</p>
--	--	--	--	--	--	---

							<p>лей и шлангов. Практическое задание: разработка графика технического обслуживания для лазерного станка с указанием периодичности проверок и процедур.</p> <p><b>Действия в аварийных ситуациях.</b> Отработка алгоритмов при возгорании, перегреве оборудования, поражении лазерным излучением. Практическое задание: симуляция аварийной ситуации (например, искрение при резке металла) и разработка плана действий оператора.</p> <p><b>Современные тенденции в развитии лазерных технологий.</b> Анализ перспективных направлений: лазеры с регулируемой длиной волны, квантовые каскадные лазеры, плазменные лазеры. Практическое задание: подготовка доклада о потенциальном применении одного из новых типов лазеров в промышленности или медицине.</p> <p><b>Интеграция лазерных технологий с ИИ и роботизацией.</b> Изучение примеров «умных» лазерных процессов, где ИИ используется для оптимизации параметров обработки, прогнозирования износа оборудования, контроля качества. Практическое задание: разработка концепции гибридной системы, объединяющей лазерный станок с роботизированным манипулятором.</p> <p><b>Энергоэффективные лазерные технологии.</b> Анализ методов снижения энергопотребления лазерных установок, включая использование новых материалов для зеркал и линз, оптимизацию режимов работы. Практическое задание: расчёт энергозатрат для традиционной и энергоэффективной лазерной системы при обработке одного и того же материала.</p> <p><b>Перспективы лазерной обработки в микроэлектронике и нанотехнологиях и организация производства.</b> Изучение применения фемтосекундных лазеров, лазерного легирования полупроводников, создания наноструктур. Практическое задание: подготовка презентации о потенциальном использовании лазеров в производстве микросенсоров или квантовых компьютеров.</p> <p><i>Самостоятельная работа:</i> подготовиться к устному опросу, конспект, доклад, реферат, подготовка к экзамену.</p>
5.	Тема 5. Интенсификация механической	16	4	4	-	8	<p><i>Лекция:</i> <b>Интенсификация механической обработки с использованием лазерного излучения.</b></p> <p><b>Лазерная динамическая балансировка деталей.</b></p>

	<p>обработки с использованием лазерного излучения.</p> <p>Лазерная динамическая балансировка деталей.</p> <p>Лазерное нанесение тонких плёнок и изменение химического состава поверхностных слоёв.</p>						<p><b>Лазерное нанесение тонких плёнок и изменение химического состава поверхностных слоёв.</b></p> <p><i>Практическое занятие:</i></p> <p><b>Интенсификация механической обработки с использованием лазерного излучения</b></p> <p>Расчёт параметров лазерной обработки. Например, определение плотности мощности, длительности импульса, частоты следования импульсов и их влияния на качество обработки материала.</p> <p>Оптимизация режимов лазерной обработки. Выбор оптимальных параметров лазерного излучения и оптических систем для конкретных задач (например, для повышения поглощательной способности материалов или улучшения качества обработки).</p> <p>Экспериментальное исследование влияния различных факторов (температура, давление, наличие газовой атмосферы) на процесс лазерной обработки. Лазерная динамическая балансировка деталей</p> <p>Изучение принципов работы лазерных динамических балансировочных систем. Анализ их конструкции, параметров и применения в машиностроении.</p> <p>Экспериментальное исследование влияния лазерного воздействия на балансировку деталей. Оценка точности и стабильности процесса балансировки при различных условиях.</p> <p>Разработка технологических процессов с использованием лазерных динамических систем балансировки.</p> <p><b>Лазерное нанесение тонких плёнок и изменение химического состава поверхностных слоёв</b></p> <p>Изучение методов лазерного нанесения тонких плёнок. Расчёт параметров напыления, анализ влияния лазерного излучения на структуру и свойства плёнок.</p> <p>Экспериментальное исследование процессов, сопровождающих лазерное нанесение тонких плёнок (термоэлектронная и термоионная эмиссия, десорбция газа, химические реакции, структурные изменения).</p>
--	--	--	--	--	--	--	--

							<p>Анализ влияния лазерного воздействия на химический состав поверхностных слоёв. Например, изучение процессов легирования, отжига дефектов в полупроводниковых структурах, взаимной диффузии нагретых слоёв.</p> <p>Разработка технологических процессов модификации поверхностных слоёв с использованием лазерного излучения.</p> <p><i>Самостоятельная работа:</i> подготовиться к устному опросу, конспект, доклад, реферат, подготовка к экзамену.</p>
<b>Экзамен</b>		<b>27</b>					-
<b>Итого</b>		<b>108</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>33</b>	-

## 6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ак. часы	Форма контроля
1.	Проработка теоретического материала по конспектам лекций, рекомендованной литературе, дополнительным источникам информации	16	Консультация преподавателя, устное собеседование
2.	Подготовка к практическим занятиям: поиск необходимой информации, обработка информации, написание доклада, подготовка к выступлению (дискуссии)	17	Выступление с докладом, презентация, ответы на дискуссионные вопросы
3.	Подготовка к зачету	24,7	Устное собеседование, тестирование

Для самостоятельной работы по дисциплине (модулю) обучающиеся используют следующее учебно-методическое обеспечение:

1. А. Г. Григорьянц, И. Н. Шиганов, А. И. Мисюров «Теоретические основы лазерной обработки», 2022 г. В монографии рассмотрены физические основы технологических процессов лазерной обработки, взаимодействие концентрированного лазерного излучения с материалами, образование плазменного факела и парогазового канала. Представлены аналитические и численные методы анализа температурных полей и остаточных напряжений при лазерной обработке.
2. ГОСТ 12.1.040-83 «Лазерная безопасность. Общие положения».
3. Фонд оценочных и методических материалов по дисциплине «Технология и организация производства лазерной обработки материалов».

## 7. Фонд оценочных и методических материалов для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Темы конспекта

#### Основы лазерной обработки материалов

1. Понятие лазерного излучения: основные свойства (когерентность, монохроматичность, направленность).

2. Физические принципы работы лазеров: активная среда, накачка, оптический резонатор.
3. Классификация лазеров для обработки материалов:
  - газовые (СО<sub>2</sub>-лазеры и др.);
  - твердотельные (на гранате с неодимом, на стекле с неодимом);
  - волоконные;
  - диодные;
  - эксимерные и др.
4. Основные параметры лазерного излучения: мощность, длина волны, длительность импульса, плотность энергии.
5. Сферы применения лазеров в промышленности и науке.
6. Экономические аспекты и перспективы промышленного применения технологических лазеров.
7. Требования безопасности при работе с технологическими лазерами.

### **Взаимодействие лазерного излучения с материалами**

1. Физические процессы при взаимодействии лазерного излучения с материалами:
  - поглощение света и преобразование энергии в тепло;
  - тепловые процессы и градиенты температуры;
  - фазовые переходы (плавление, испарение);
  - структурные и химические превращения.
2. Особенности взаимодействия мощного лазерного излучения с различными материалами (металлами, полимерами, керамикой и т.д.).
3. Плазменные процессы при лазерной обработке.
4. Деформации и напряжения при лазерной обработке: остаточные деформации, термонапряжения, технологические трещины.

### **Оптические системы и фокусировка лазерного излучения**

1. Оптические системы в технологии лазерной обработки: линзы, зеркала, объективы.
2. Фокусировка лазерного излучения:
  - одиночные линзы;
  - эксцентрические линзы;
  - зеркальные объективы.
3. Расчёт параметров фокусирующих систем.
4. Распределение плотности мощности по пятну воздействия.

### **Методы поверхностной лазерной обработки**

1. Классификация методов поверхностной обработки.
2. Лазерная термообработка поверхности:
  - лазерная закалка (импульсная и непрерывная);
  - лазерный отжиг;
  - лазерный отпуск.
3. Лазерное легирование и наплавка:
  - легирование неметаллическими и металлическими компонентами;
  - технологические особенности лазерной наплавки.

4. Лазерное напыление покрытий.
5. Лазерная очистка и маркировка поверхностей.

### **Лазерная сварка и резка**

1. Особенности процесса лазерной сварки:
  - физические процессы образования сварного шва;
  - классификация методов сварки (с глубоким проплавлением, малых толщин и т.д.);
  - теплофизические показатели.
2. Оборудование для лазерной сварки: источники излучения, фокусирующие системы.
3. Сварка различных материалов:
  - стали;
  - алюминиевые и магниевые сплавы;
  - титановые сплавы;
  - керамика и композиционные материалы.
4. Технология и организация производства лазерной резки:
  - газолазерная резка металлов;
  - резка неметаллических материалов (стекло, кварц, стеклотекстолит, полимеры и т.д.);
  - подбор режимов резки для разных материалов (фанера, оргстекло, резина и т.д.).

### **Специальные и перспективные технологии**

1. Лазерные аддитивные технологии и быстрое прототипирование.
2. Лазерная динамическая балансировка деталей.
3. Создание объёмных изображений в стекле.
4. Лазерная пайка металла с керамикой.
5. Лазерное нанесение тонких плёнок и модификация поверхностных слоёв.
6. Перспективные направления развития лазерных технологий:
  - в аэрокосмической отрасли;
  - в медицине и биотехнологиях и организация производствах;
  - в микроэлектронике;
  - в экологии и энергетике.

### **Практические аспекты и управление оборудованием**

1. Устройство и управление лазерными станками.
2. Подготовка макетов и чертежей для лазерной обработки (работа с САПР).
3. Настройка программного обеспечения и режимов работы станка.
4. Определение фокусного расстояния и калибровка оборудования.
5. Контроль качества и дефекты лазерной обработки.
6. Техническое обслуживание и диагностика лазерных установок.

### **Требования к конспекту**

Написание конспекта представляет собой деятельность студента по созданию обзора информации, содержащейся в объекте конспектирования, в бо-

лее краткой форме. В конспекте должны быть отражены основные принципиальные положения источника, то новое, что внес его автор, основные методологические положения работы, аргументы, этапы доказательства и выводы.

### **Примерная тематика докладов, рефератов:**

#### **Базовые и общие темы**

1. Физические принципы взаимодействия лазерного излучения с материалами.
2. Основные типы лазеров для обработки материалов: твердотельные, газовые, волоконные, полупроводниковые.
3. Теплофизика лазерного воздействия на материалы: процессы нагрева, плавления, испарения.
4. Математическое описание тепловых процессов при лазерной обработке.
5. Оптические системы в технологии лазерной обработки: фокусировка, юстировка, управление параметрами.
6. Обобщённая схема технологической лазерной установки.
7. Параметры лазерного излучения и их влияние на качество обработки.
8. Методы контроля качества лазерной обработки материалов.
9. Безопасность при работе с технологическими лазерами: нормы и правила.
10. Перспективы развития лазерных технологий в промышленности и науке.

#### **По видам обработки**

11. Лазерная сварка: принципы, методы, применение.
12. Лазерная резка: газолазерная и резка с водяной струёй, особенности и преимущества.
13. Лазерная закалка металлов: параметры, структура зоны воздействия, примеры применения.
14. Лазерный отжиг и отпуск: назначение и технологические особенности.
15. Лазерное легирование: неметаллические и металлические компоненты.
16. Лазерная наплавка: технологические особенности и свойства полученных сплавов.
17. Лазерное скрайбирование: применение в микроэлектронике и солнечной энергетике.
18. Лазерная пробивка и сверление микроотверстий.
19. Лазерная полировка: методы и области применения.
20. Лазерная очистка поверхностей: удаление загрязнений, покрытий, оксидных слоёв.

#### **Применение в отраслях**

21. Лазерные технологии в микроэлектронике: маркировка, гравировка, обработка полупроводников.
22. Применение лазеров в производстве солнечных батарей (процессы P1, P2, P3).
23. Лазеры в медицине: хирургия, терапия, диагностика.
24. Лазерные технологии в авиационной и космической промышленности.

25. Применение лазеров в автомобильной промышленности: сварка, резка, упрочнение деталей.
26. Лазеры в ювелирной промышленности: гравировка, резка, обработка драгоценных металлов и камней.
27. Лазерные технологии в реставрации и искусстве.
28. Применение лазеров в атомной промышленности.
29. Лазеры в производстве электроники и электротехники.
30. Лазерные технологии в строительстве и обработке строительных материалов.

#### **Инновационные и перспективные технологии**

31. Фемтосекундные лазерные технологии: особенности и применение.
32. Лазерная стереолитография и аддитивные технологии.
33. Лазерный синтеринг и порошковая наплавка.
34. Нанолитография с использованием лазеров.
35. Технология и организация производства Laser MicroJet: лазерная микрорезка с водяной струёй.
36. Технология и организация производства Stealth Dicing: лазерное скрайбирование без механического воздействия.
37. Лазерное создание объёмных изображений в стекле.
38. Лазерная динамическая балансировка деталей.
39. Лазерные методы быстрого прототипирования.
40. Перспективные направления лазерной обработки композиционных материалов.

#### **Специальные темы по материалам**

41. Структура и свойства сталей после лазерной термообработки.
42. Лазерная обработка титановых сплавов: зоны воздействия и упрочнение.
43. Особенности лазерной обработки алюминиевых и магниевых сплавов.
44. Лазерная обработка керамических и композиционных материалов.
45. Лазерная обработка хрупких материалов: стекло, кварц, стеклотекстолит.
46. Лазерная модификация полимерных материалов.
47. Лазерная обработка композитов на основе углеродных волокон.
48. Особенности взаимодействия лазерного излучения с полупроводниками.
49. Лазерная обработка тонких плёнок и покрытий.
50. Влияние лазерного воздействия на структуру и свойства цветных металлов.

### **Требования к реферату**

#### **Структура реферата**

Обязательные разделы (в строгой последовательности):

1. **Титульный лист** — первая страница с ключевыми данными:
  - полное название учебного заведения;

- факультет, направление подготовки, курс;
  - вид работы («Реферат», выделяется жирным);
  - тема работы;
  - Ф. И. О. студента;
  - группа/курс;
  - Ф. И. О. научного руководителя/преподавателя;
  - город и год написания (в нижней части страницы).
2. **Содержание (оглавление)** — размещается после титульного листа:
- заголовок «Содержание» по центру, прописными буквами;
  - перечисление всех разделов и подразделов с указанием страниц;
  - автоматическое форматирование нумерации;
  - выравнивание по ширине.
3. **Введение** (объёмом до 1 страницы):
- актуальность темы (обоснование выбора и значимости);
  - цель работы (чётко сформулированная задача);
  - задачи (конкретные действия для достижения цели);
  - структура работы (краткий перечень разделов).
4. **Основная часть** (2–4 раздела):
- каждый раздел посвящён отдельному аспекту темы и имеет собственное название;
  - ссылки на авторитетные источники (учебники, научные статьи и т.д.);
  - допустимо использование схем, таблиц, графиков;
  - краткие выводы в конце каждого раздела;
  - нумерация разделов — арабскими цифрами (1, 2, 3...), подразделов — с внутренней нумерацией (1.1, 1.2 и т.д.).
5. **Заключение** (1–2 страницы):
- выводы по каждой поставленной задаче;
  - общий итог работы;
  - анализ достижения цели;
  - оценка значимости темы и личного вклада;
  - рекомендации для дальнейшего изучения (при необходимости).
6. **Список литературы** (оформляется по ГОСТу):
- учебники, научные статьи, энциклопедии, справочники, официальные сайты, статистические сборники, документы;
  - заголовок «Список литературы» — жирным шрифтом, по центру;
  - источники нумеруются по алфавиту или по мере появления в тексте;
  - отступ слева — 1,25 см, выравнивание — по левому краю;
  - между записями — пустая строка.
7. **Приложения** (если есть) — дополнительные материалы:
- таблицы, схемы, иллюстрации, фотоматериалы;
  - на все приложения в основной части должны быть ссылки;
  - номер приложения размещают в правом верхнем углу над заголовком после слова «Приложение».

## **Технические требования к оформлению**

- **Формат страницы:** А4.
- **Шрифт:** Times New Roman, размер 14.
- **Межстрочный интервал:** 1,5.
- **Поля:**

левое — 3 см;

правое — 1 см;

верхнее и нижнее — по 2 см.

- **Абзацный отступ:** 1,25 см.
- **Выравнивание текста:** по ширине.
- **Нумерация страниц:** снизу, по центру (титульный лист не нумеруется, но считается первой страницей).
- **Формат файла:** .docx или .pdf.

**Объём:** 10–20 страниц (зависит от уровня подготовки и глубины темы).

#### **Дополнительные рекомендации:**

1. Используйте шаблоны из методических рекомендаций кафедры или сайта университета – они учитывают актуальные требования.
2. Проверяйте **идентичность заголовков** в содержании и в тексте работы.
3. Следите за **грамотностью** и стилем изложения: текст должен быть лаконичным, чётким, без избыточных описаний и разговорных оборотов.
4. При использовании **иллюстративного материала** (таблиц, графиков) обязательно подписывайте их и делайте ссылки в тексте.
5. Перед сдачей проверьте:
  - сквозную нумерацию страниц;
  - наличие всех обязательных разделов;
  - корректность ссылок на источники и приложения;
  - соответствие оформления ГОСТ и требованиям учебного заведения.

#### **Вопросы для самостоятельного изучения:**

##### **Основы лазерной физики и принципы работы лазеров**

1. Что такое индуцированное излучение? В чём его отличие от спонтанного излучения?
2. Что означает понятие «инверсная населённость энергетических уровней»? Как её достичь?
3. Опишите основные элементы конструкции лазера (активная среда, система накачки, резонатор).
4. Какие существуют способы накачки активной среды лазера? Приведите примеры для разных типов лазеров.
5. Что такое оптический резонатор? Какие типы резонаторов используются в лазерах?
6. Что такое когерентность и монохроматичность лазерного излучения? Как эти свойства влияют на технологические процессы?
7. Охарактеризуйте пространственные и временные характеристики лазерного излучения (расходимость пучка, длительность импульса и т.д.).
8. Как происходит фокусировка лазерного излучения? От чего зависит минимальный размер фокального пятна?

### **Типы лазеров для обработки материалов**

9. Опишите принцип работы и особенности CO<sub>2</sub>-лазеров. Каковы их основные параметры и области применения?
10. В чём отличия волоконных лазеров от CO<sub>2</sub>-лазеров? Перечислите преимущества и недостатки.
11. Расскажите о твердотельных лазерах (на примере Nd:YAG). Где они применяются в обработке материалов?
12. Каковы особенности диодных лазеров? В каких технологических процессах они используются?
13. Сравните различные типы лазеров по длине волны, мощности, КПД и сферам применения.

### **Физические процессы при взаимодействии лазерного излучения с материалами**

14. Какие процессы происходят в материале при воздействии лазерного излучения (нагрев, плавление, испарение, абляция)?
15. Что такое глубина проникновения лазерного излучения? От каких параметров она зависит?
16. Как влияет поглощательная способность материала на эффективность лазерной обработки?
17. Опишите зоны термического влияния при лазерной обработке (зона плавления, зона термического воздействия и т. д.).
18. Какие факторы определяют порог абляции материала?
19. Как влияют скорость обработки и плотность мощности излучения на качество обработки?

### **Основные технологии лазерной обработки**

20. Опишите технологию лазерной резки. Какие материалы можно резать лазером?
21. Каковы особенности лазерной сварки? Сравните её с традиционными методами сварки.
22. Что такое лазерное упрочнение (закалка) поверхности? В чём его преимущества?
23. Расскажите о лазерной маркировке и гравировке. Какие методы используются?
24. Что такое скрайбирование? Где оно применяется?
25. Опишите процессы лазерного легирования и наплавки. Какие материалы используются?
26. Каковы особенности микрообработки материалов лазером (создание микроотверстий, микроканалов и т. д.)?

### **Оборудование и автоматизация процессов**

27. Охарактеризуйте структуру лазерного технологического комплекса. Назовите основные элементы.
28. Как осуществляется транспортировка лазерного излучения к зоне обработки?
29. Какие системы ЧПУ используются в лазерных станках?

30. Как автоматизируется процесс лазерной резки/сварки? Приведите примеры гибких производственных систем.
31. Что такое «лазерные роботы»? Где они применяются?
32. Какие датчики и системы контроля используются для мониторинга параметров лазерного излучения и качества обработки?

#### **Применение и перспективы**

33. Приведите примеры использования лазерной обработки в машиностроении и металлообработке.
34. Как применяются лазерные технологии в микроэлектронике и производстве печатных плат?
35. Каковы особенности использования лазеров в медицине?
36. Где применяются лазерные технологии в производстве ювелирных изделий и в аэрокосмической промышленности?
37. Каковы экологические аспекты и безопасность при работе с лазерными установками?
38. Какие перспективные направления развития лазерных технологий вы можете назвать?

#### **Рекомендации по самостоятельному изучению**

Работа с учебной и научной литературой. Изучение учебников, монографий, статей, связанных с педагогикой, методикой профессионального обучения, ФГОС СПО.

Анализ рабочих программ и методических пособий. Особенно тех, которые разработаны с учётом требований ФГОС и профессиональных стандартов.

Решение кейс-задач и проблемных ситуаций. Это поможет развить навыки применения теоретических знаний на практике.

Подготовка докладов и презентаций по актуальным проблемам проектирования учебного процесса в СПО.

Изучение официальных сайтов образовательных учреждений, нормативных актов и методических материалов.

#### **Примерные вопросы для опроса:**

##### **7 семестр**

#### **Основы лазерной обработки**

1. Что такое лазерное излучение? Перечислите его ключевые свойства (когерентность, монохроматичность и т. д.).
2. Кратко опишите принцип работы лазера: какие процессы лежат в его основе (спонтанное/вынужденное излучение, инверсная населённость)?
3. Какие типы лазеров чаще всего используются для обработки материалов? Приведите 3–4 примера и укажите их типичные области применения.
4. Какие физические процессы происходят при взаимодействии лазерного излучения с материалами (нагрев, плавление, испарение, плазмообразование)?

5. Что такое «зона термического влияния» при лазерной обработке? Как её можно минимизировать?

### **Технологии и процессы**

6. Перечислите основные виды лазерной обработки материалов (резка, сварка, закалка, маркировка и т. д.) и кратко охарактеризуйте каждый.
7. Какие параметры лазера влияют на качество лазерной резки? Назовите 3–4 ключевых параметра и поясните их роль.
8. В чём состоят особенности лазерной сварки по сравнению с традиционными методами сварки? Укажите 2–3 преимущества и 1–2 ограничения.
9. Что такое лазерная закалка (термоупрочнение)? Для каких материалов она наиболее эффективна?
10. Опишите принцип лазерной маркировки/гравировки. Какие материалы хорошо поддаются этой обработке?
11. Что такое лазерное скрайбирование? Где оно применяется?
12. В чём отличия импульсной и непрерывной лазерной обработки? Приведите примеры задач для каждого режима.

### **Оборудование и безопасность**

13. Назовите основные компоненты технологической установки для лазерной обработки (источник излучения, оптическая система, система управления и т. д.). Кратко поясните назначение каждого.
14. Какие оптические системы используются для фокусировки лазерного излучения? Приведите 2–3 примера и укажите их особенности.
15. Какие меры безопасности необходимо соблюдать при работе с лазерными установками? Перечислите 4–5 ключевых правил.
16. Какие классы лазеров существуют с точки зрения безопасности? Чем они отличаются?

### **Материалы и применение**

17. Какие материалы эффективно обрабатываются лазером? Приведите по 2–3 примера для металлов, неметаллов и композитов.
18. Могут ли лазеры использоваться для обработки хрупких материалов (стекло, керамика)? Если да, то какие методы применяются?
19. Назовите 3–4 отрасли промышленности, где лазерная обработка получила широкое распространение. Кратко поясните, какие задачи там решаются.
20. Каковы основные преимущества лазерной обработки по сравнению с механическими методами (фрезерование, сверление и т. д.)? Укажите 3–4 пункта.
21. Есть ли у лазерной обработки существенные недостатки или ограничения? Перечислите 2–3.

### **Расчёты и проектирование**

22. Какие параметры нужно учитывать при выборе лазера для конкретной задачи (материал, толщина, требуемая точность и т. д.)? Приведите 4–5 примеров.

23. Как рассчитать плотность мощности лазерного излучения в зоне обработки, если известны энергия импульса, длительность импульса и диаметр пятна? Запишите формулу.
24. Что такое «глубина проплавления» при сварке? От каких параметров лазера и материала она зависит?
25. Как оптимизировать режим обработки, чтобы добиться минимального коробления детали? Предложите 2–3 способа.

### **Критерии для опроса**

Опрос – фронтальная форма контроля, представляющая собой ответы на вопросы преподавателя в устной форме.

*Оценка «отлично»* выставляется обучающемуся, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, системно показана совокупность освоенных знаний об объекте, проявляющаяся в свободном оперировании понятиями, умении выделить существенные и несущественные его признаки, причинно-следственные связи. Ответ формулируется при помощи научного категориально-понятийного аппарата, изложен последовательно, логично, доказательно, демонстрирует авторскую позицию студента.

*Оценка «хорошо»* выставляется обучающемуся, если дан полный, развернутый ответ на поставленный вопрос, показана совокупность осознанных знаний об объекте, доказательно раскрыты основные положения темы; в ответе прослеживается четкая структура, логическая последовательность, отражающая сущность раскрываемых понятий, теорий, явлений. Ответ изложен последовательно, логично и доказательно, однако допущены недочеты в определении понятий, исправленные студентом самостоятельно в процессе ответа.

*Оценка «удовлетворительно»* выставляется обучающемуся, если дан полный, но недостаточно последовательный ответ на поставленный вопрос, но при этом показано умение выделить существенные и несущественные признаки и причинно-следственные связи. Ответ логичен и изложен научным языком. Могут быть допущены 2-3 ошибки в определении основных понятий, которые студент затрудняется исправить самостоятельно.

*Оценка «неудовлетворительно»* выставляется обучающемуся, если дан неполный ответ, представляющий собой разрозненные знания по теме вопроса с существенными ошибками в определениях. Присутствуют фрагментарность, нелогичность изложения. Студент не осознает связи между понятиями, концептуальные пересечения, структурные закономерности между различными объектами дисциплины. Отсутствуют выводы, конкретизация и доказательность изложения. Речь неграмотная. Дополнительные и уточняющие вопросы преподавателя не приводят к коррекции ответа студента не только на поставленный вопрос, но и на другие вопросы дисциплины.

### **Критерии для практической работы**

Практическая работа - работа студента, направленная на решение задач или заданий, требующих поиска обоснованного ответа.

*Продвинутый уровень («отлично»)*. Обучающийся глубоко и прочно освоил материал выполненной практической работы, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с полученными практическими данными, свободно справляется с типовыми вопросами по теме практической работы, причем не затрудняется с ответом при возможном видоизменении заданий.

*Углубленный уровень («хорошо»)*. Обучающийся твердо знает материал выполненной практической работы, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на типовые вопросы, правильно применяет теоретические положения при постановке задания по практической работе, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения, но затрудняется с ответом при видоизменении заданий, при обосновании полученных данных возникают незначительные затруднения в использовании изученного материала.

*Базовый уровень («удовлетворительно»)*. Обучающийся имеет фрагментарные знания по материалам практической работы, но не усвоил основные детали деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении представленного материала.

*Нулевой уровень («неудовлетворительно»)*. Обучающийся не владеет материалом по теме практической работы.

### **Примерные вопросы к экзамену:**

#### **7 семестр**

#### **Теоретические основы лазерной обработки**

1. Что такое лазерная обработка материалов? Опишите принцип действия.
2. Какие физические явления лежат в основе работы лазера?
3. Перечислите и охарактеризуйте основные свойства лазерного излучения (когерентность, монохроматичность, направленность и т. д.).
4. Опишите структуру и принцип работы оптического резонатора. Какова его роль в формировании лазерного пучка?
5. Как происходит генерация и усиление света в активной среде лазера?
6. Какие виды накачки активной среды существуют? Приведите примеры.
7. Что такое инверсная населённость? Как она создаётся в лазерах?
8. Объясните понятие «длина волны лазерного излучения». Как она влияет на выбор лазера для обработки материалов?
9. Опишите процессы взаимодействия лазерного излучения с материалами: нагревание, плавление, испарение, плазмообразование.
10. Как влияют градиенты температуры и термонапряжения на качество лазерной обработки?

#### **Типы лазеров и их характеристики**

11. Перечислите основные типы лазеров, используемых для обработки материалов ( $\text{CO}_2$ , волоконные, Nd:YAG и др.). Укажите их рабочие длины волн.
12. Каковы преимущества и недостатки  $\text{CO}_2$ -лазеров? Где они применяются?
13. Опишите конструкцию и принцип работы волоконного лазера. В чём его преимущества перед другими типами лазеров?
14. Какие параметры лазера влияют на качество обработки (мощность, длительность импульса, частота повторения импульсов и т. д.)?
15. Как рассчитать эффективность преобразования электрической энергии в энергию лазерного излучения?
16. Что такое угловая расходимость лазерного излучения? Как её измерить?

### **Технологии лазерной обработки**

17. Перечислите основные виды лазерной обработки материалов. Кратко охарактеризуйте каждый.
18. Опишите технологию лазерной резки. Какие материалы можно резать лазером?
19. Какие параметры лазера влияют на качество резки (глубина реза, ширина реза, зона термического влияния)?
20. В чём особенности лазерной сварки? Какие материалы можно сваривать лазером?
21. Какие параметры лазера влияют на качество сварного соединения?
22. Опишите технологию поверхностной лазерной закалки. Какие структуры образуются в стали при быстром нагреве и охлаждении?
23. Что такое лазерное легирование и наплавка? Где эти технологии применяются?
24. Как выполняется лазерная маркировка и гравировка? Какие параметры лазера важны для этих процессов?
25. Опишите особенности лазерной обработки хрупких материалов (стекло, керамика).

### **Оборудование и автоматизация**

26. Охарактеризуйте структуру лазерного технологического комплекса. Назовите его основные элементы.
27. Как осуществляется транспортировка и фокусировка лазерного излучения в зоне обработки?
28. Какие оптические системы используются для фокусировки лазерного излучения? Как рассчитать параметры фокусирующих систем?
29. Как автоматизируется процесс лазерной резки и сварки? Опишите систему управления перемещением лазерного луча.
30. Что такое «лазерные роботы» и гибкие обрабатывающие системы с использованием лазеров? Приведите примеры их применения.

### **Применение и перспективы**

31. Где применяется лазерная обработка в машиностроении и металлообработке?
32. Как используются лазерные технологии в микроэлектронике?
33. Перечислите применения лазерной обработки в медицине, автомобильной и аэрокосмической промышленности.

34. Каковы перспективы развития лазерных технологий? Назовите перспективные направления (быстрое прототипирование, лазерная балансировка и т.д.).

#### **Безопасность**

35. Какие требования безопасности необходимо соблюдать при работе с лазерными установками?

36. Какие коллективные и индивидуальные средства защиты используются при работе с лазерами?

37. Как организуется лазерная зона на производстве? Какие знаки и ограждения должны быть установлены?

### **Рекомендации по подготовке к экзамену**

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся АОУ ВО ЛО «ГИЭФПТ». При подготовке к экзамену студент обязан повторить пройденный материал в строгом соответствии с учебной программой, примерным перечнем учебных вопросов, выносящихся на экзамен и содержащихся в данной программе. Для этой цели используется конспект лекций и литература, рекомендованная преподавателем. При необходимости студент может обратиться за консультацией и методической помощью к преподавателю. К экзамену допускается студент, выполнивший все задания. Экзамен проводится в форме устного собеседования по заранее утвержденным на кафедре билетам.

### **Требования к экзамену**

Выбор формы и порядок проведения экзамена осуществляется кафедрой. Оценка знаний студента в процессе экзамена осуществляется исходя из следующих критериев:

- умение сформулировать определения понятий, данных в вопросе, с использованием специальной лексики, показать связи между данными понятиями;
- способность дать развернутый ответ на поставленный вопрос с соблюдением логики изложения материала;
- проанализировать и сопоставить различные точки зрения на поставленную проблему;
- умение аргументировать собственную точку зрения, иллюстрировать высказываемые суждения и умозаключения практическими примерами.

### **Шкала оценивания экзамена**

Критерии оценки экзамена следующие:

**«Отлично»** — если обучающийся выполнил задания, сформулированные преподавателем, демонстрирует глубокие знания по теме (разделу) дисциплины, грамотно и логично излагает материал, даёт последовательный и исчерпывающий ответ на поставленные вопросы, делает обобщения и выводы.

Освоен уровень всех составляющих компетенций: ПК-2., ПК-2.1; ПК-2.2; ПК-2.3.

**«Хорошо»** — если обучающийся выполнил задания, сформулированные преподавателем, демонстрирует прочные знания по теме (разделу) дисциплины, грамотно и логично излагает материал, даёт последовательный и полный ответ на поставленные вопросы, делает обобщения и выводы. Освоен уровень всех составляющих компетенций: ПК-2., ПК-2.1; ПК-2.2; ПК-2.3.

**«Удовлетворительно»** — если обучающийся частично выполнил задания, сформулированные преподавателем, демонстрирует знания основного материала по теме (разделу) дисциплины, даёт неполный, недостаточно аргументированный ответ, не делает правильные обобщения и выводы, ответил на дополнительные вопросы. Освоен уровень всех составляющих компетенций: ПК-2., ПК-2.1; ПК-2.2; ПК-2.3.

**«Неудовлетворительно»** — если обучающийся частично выполнил или не выполнил задания, сформулированные преподавателем, демонстрирует разрозненные знания по теме (разделу) дисциплины, допускает существенные ошибки и не корректирует ответ после дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя, не делает обобщения и выводы, не ответил на дополнительные вопросы. Не освоен базовый уровень всех составляющих компетенций: ПК-2., ПК-2.1; ПК-2.2; ПК-2.3.

Комплект заданий и этапов формирования компетенции представлен в Фонде оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине, оформленный отдельным документом, представлен в приложении к РПД.

Работа с печатными изданиями для обучающегося может быть связана с трудностями в области доступа к современной научной печатной литературе. В связи с развитием научно-технического прогресса в такой ситуации надлежит воспользоваться материалами, находящимися в открытом доступе сети Internet. Также необходимо учитывать, что по состоянию на сегодняшний день многие справочные правовые системы содержат не только текст нормативных актов, но и научные статьи по различным вопросам (например, СПС «Консультант Плюс»). Одновременно следует обратить свое внимание на публичные библиотеки, предоставляющие возможность доступа к электронным версиям печатных источников. В силу кратковременности изучения и значительного объема данной учебной дисциплины кафедра настоятельно рекомендует систематически, а не эпизодически работать над изучением курса.

## **8. Перечень основной, дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

### **а) основная литература:**

1. Корецкий М. Г. «Технологии лазерной обработки материалов». — 3-е изд. — Липецк, Саратов: Липецкий государственный технический университет, Профобразование, 2024. — 72 с. — ISBN 978-5-00175-290-5, 978-5-4488-2014-2.
2. В. П. Минаев «Инженерно-физические основы лазерной техники», 2024 г. Учебник охватывает физические явления, происходящие в лазерных резонаторах, и способы управления лазерным излучением, что важно для инженерных расчётов. В книге также рассматриваются максимальные мощности, достигнутые в лазерах.

**б) дополнительная литература:**

1. И. Н. Шиганов «Перспективные промышленные технологии лазерной обработки», 2023 г. В издании подробно описаны современные промышленные технологии лазерной обработки материалов с использованием мощных волоконных лазеров. Особое внимание уделено сварке больших толщин сталей и сплавов, сварке алюминиевых сплавов и разнородных материалов, гибридным Технология и организация производствам, аддитивным производствам, лазерному легированию и очистке поверхностей. Также рассматриваются вопросы лазерной безопасности и средств защиты.
2. А. Г. Григорьянц, А. И. Мисюров «Технологические процессы лазерной поверхностной обработки», 2024 г. Монография посвящена лазерным технологическим процессам обработки поверхностей металлических деталей и изделий. В ней описаны технологии лазерной термической обработки сталей, титановых, алюминиевых, медных и других сплавов. Рассматриваются процессы импульсного ударного упрочнения материалов, лазерного легирования, наплавки и полирования металлических поверхностей.
3. ГОСТ Р 71837–2024 «Оптика и фотоника. Резка лазерная тонколистовых металлов и сплавов. Технологический процесс».

**в) ресурсы сети «Интернет»:**

1. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн». <https://biblioclub.ru/>
2. Электронно-библиотечная система «Лань». <https://e.lanbook.com/>
3. Электронно-библиотечная система «Znanium». <https://znanium.com/>
4. Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU». <https://www.elibrary.ru/>
5. Электронно-библиотечная система «Юрайт». <https://biblio-online.ru/>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Самостоятельная подготовка обучающихся проводится для углубления и закрепления знаний, полученных на лекциях и других видах занятий, для выработки навыков самостоятельного применения новых, дополнительных знаний и подготовки к предстоящим учебным занятиям, зачету.

Важным условием успешного изучения дисциплины является посещение лекций. Под посещением подразумевается не форма пассивного присут-

ствия, а активная работа по изучению нового материала. Подготовка к лекционным занятиям включает в себя анализ предлагаемых для изучения вопросов, изучение нормативных источников и учебной и научной литературы по рассматриваемым вопросам лекции. В процессе лекции обучающийся может задавать уточняющие вопросы, осуществить взаимосвязь нового материала с уже изученным, подготовить базу для эффективного использования полученных знаний, облегчить подготовку к практическому занятию. Эффективным способом фиксации лекционного материала является конспектирование, представляющее собой не только фиксацию важнейших моментов лекции, но и указание примеров для понимания того или иного теоретического материала.

При подготовке к практическому занятию необходимо использовать конспектированные материалы лекций, учебную и научную литературу. Подготовка ответов по выносимым на обсуждение вопросам практического занятия включает в себя не только прочтение материала, но и его анализ и критическую оценку. Обучающемуся следует выявить малоизученные аспекты рассматриваемых вопросов, проявить инициативу при подготовке к практическому занятию.

При подготовке к практическим занятиями рекомендуется систематизировать знания, изображая их в табличном, графическом или схематичном виде. Это позволит установить взаимосвязь изучаемых явлений, упростит задачу запоминания материала, облегчит процесс практического применения полученных знаний.

Задачей практических занятий является выработка умения использовать теоретические знания, проявить наличие практических навыков. При подготовке к практическому занятию следует заблаговременно обеспечить наличие необходимо для данного занятия материала, самостоятельно повторить ранее изученные темы.

Для успешного освоения дисциплины важным является умение работать с терминами и их определениями. Для работы с терминологией эффективным является использование как учебной и научной литературы, так и словарей.

Работа с терминами может осуществляться в форме составления собственных тематических словариков для удобства и скорости поиска необходимого термина. С этой целью необходимо каждый новый встречающийся термин записывать и во время подготовки к семинарским и практическим занятиям указывать соответствующее определение. В случае возникновения сложности выбора определения из имеющегося объема в рамках научного знания необходимо задавать вопросы преподавателю в рамках лекционных и практических занятий.

Интерактивные формы проведения занятий по дисциплине «Технология и организация производства лазерной обработки материалов» включают в себя следующие виды занятий:

– *интерактивные лекции*, предполагают использование метода проблемного изложения. При таком подходе лекция становится похожей на диалог, преподавание имитирует исследовательский процесс (выдвигаются первоначально

несколько ключевых постулатов по теме лекции, изложение выстраивается по принципу самостоятельного анализа и обобщения студентами учебного материала). Эта методика позволяет заинтересовать студента, вовлечь его в процесс обучения. Противоречия научного познания раскрываются посредством постановки проблемы. Учебная проблема и проблемная ситуация являются основными структурными компонентами проблемного обучения. Перед началом изучения определенной темы курса ставится перед студентами проблемный вопрос или дается проблемное задание. Стимулируя разрешение проблемы, преподаватель снимает противоречия между имеющимся ее пониманием и требуемыми от студента знаниями. Эффективность такого метода в том, что отдельные проблемы могут подниматься самими студентами. Главный успех данного метода в том, что преподаватель добивается от аудитории «самостоятельного решения» поставленной проблемы;

– *анализ задания*, когда используется метод индукции, т.е. при объяснении нового материала и формировании понятий, мысль студента движется от единичного к общему, от частных суждений к обобщениям. Подбирая задания, которые служат исходным материалом для выявления тех или иных закономерностей или вывода правил, преподаватель в интерактивной форме побуждает студентов к анализу предложенного материала. В ходе обсуждения студенты должны сделать необходимые обобщения и выводы.

Оценочные и методические материалы по дисциплине «Технология и организация производства лазерной обработки материалов» представлены в ФОММ.

При подготовке к промежуточному или итоговому тестированию необходимо изучить теоретический и практический материал. Открытые тестовые задания (без вариантов ответов) выявляют умение решать типовые задания. Закрытые тестовые задания (с перечнем возможных вариантов ответов, среди которых хотя бы один ответ является неверным) обеспечивают структурность мышления, вынужденного выбрать из предложенных вариантов ответ все правильные варианты. Тестовые задания на установление соответствия подразумевают необходимость проявления не только знания учебного материала, но и умения применять правила формальной логики.

Эффективным способом для подготовки к тестированию является работа обучающегося по решению тестовых заданий, предоставленных для самостоятельной работы. Также при подготовке к такой форме контроля знаний, как решение тестовых заданий, следует самостоятельно попытаться проработать рассматриваемые в дисциплине вопросы в форме составления тестовых заданий.

При подготовке к экзамену следует иметь в виду, что он является итоговой формой контроля по изучению данной учебной дисциплины. Экзамен подразумевает максимальную концентрацию знаний и умений, предполагающих полное изучение материала дисциплины.

Экзамен может проходить как в форме собеседования, так и в форме тестирования. Билеты к экзамену разрабатываются преподавателем, ведущим дисциплину и ежегодно утверждаются кафедрой до начала учебного года.

Решение преподавателя об итоговой аттестации (экзамене) принимается по результатам всего собеседования на основе полноты и достоверности изложенного ответа и проявленных умений практического применения теоретических знаний.

Рекомендуется, наряду с печатными изданиями, использовать электронные библиотечные системы, а также ресурсы сети Интернет.

## **10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

В целях освоения учебной программы дисциплины «Технология и организация производства лазерной обработки материалов» инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья Институт обеспечивает:

- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению: размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме справочной информации о расписании учебных занятий; присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; выпуск альтернативных форматов методических материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху: надлежащими звуковыми средствами воспроизведение информации;
- для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата: возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, туалетные комнаты и другие помещения, а также пребывание в указанных помещениях. Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья. Образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах или в отдельных организациях.

## 11. Перечень информационных технологий, профессиональных баз данных, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

- 1) Операционная система (Microsoft Windows Проприетарная);
- 2) Пакет офисных программ Microsoft Office (MS Word, MS Excel, MS Power Point, MS Access, MS Publisher и др. Проприетарная);
- 3) Программное обеспечение для просмотра электронных документов в стандарте PDF (Foxit Reader GNU Lesser General Public License);
- 4) Web-браузер (Mozilla Firefox GNU Lesser General Public License);
- 5) Автоматизированная информационная библиотечная система Marc21SQL;
- 6) Справочно-правовая система «Консультант Плюс»;
- 7) Реферативная и справочная база данных рецензируемой литературы Scopus <https://www.scopus.com>
- 8) Политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая (библио метрическая) база данных WebofScience <https://apps.webofknowledge.com>
- 9) Научная электронная библиотека [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)

## 12. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Наименование
<b>Специализированные аудитории:</b>
Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации / компьютерный класс / помещение для самостоятельной работы*
<b>Технические средства обучения:</b>
компьютеры с программным обеспечением, указанным в п.11
<b>Специализированные аудитории:</b>
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации*
<b>Технические средства обучения:</b>
экран настенный
мультимедийный проектор
компьютер с программным обеспечением, указанным в п.11

\* Аудитории конкретизируются в справке МТО